551.578480949
H363g

Die

Gletscherlawine an der Altels

am 11. September 1895.

Im Auftrag
der Gletscherkommission der schweizerischen naturforschenden Gesellschaft bearbeitet
unter Mitwirkung der Herren Dr. **Léon Du Pasquier,** Professor in Neuchâtel und
Prof. Dr. **F. A. Forel** in Morges

von

Dr. **Albert Heim,** Professor,
in Zürich.

Zugleich

98stes Neujahrsblatt der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich 1896.

(Die Publikation ist durch das eidgen. Departement
für Industrie und Landwirtschaft, Abteilung Forstwesen, subventioniert.)

Zürich
Druck von Zürcher & Furrer
1895.

UNIVERSITY OF
ILLINOIS LIBRARY
AT URBANA-CHAMPAIGN
BOOKSTACKS

Die

Gletscherlawine an der Altels

am 11. September 1895.

Im Auftrag
der Gletscherkommission der schweizerischen naturforschenden Gesellschaft bearbeitet
unter Mitwirkung der Herren Dr. **Léon Du Pasquier,** Professor in Neuchâtel und
Prof. Dr. **F. A. Forel** in Morges

von

Dr. **Albert Heim,** Professor,
in Zürich.

98stes Neujahrsblatt der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich 1896.

Zürich
Druck von Zürcher & Furrer
1895.

Vorwort.

Die Gletscherkommission der Schweizerischen naturforschenden Gesellschaft hat die Aufgabe, zur Vertiefung unserer Kenntnisse der Gletscher beizutragen. Wenn, wie es am 11. September 1895 geschehen ist, ein Gletscher mit einer gewaltigen Erscheinung ausserordentlicher Art aller Augen auf sich richtet, so ist es auch unsere Aufgabe, hier den Zusammenhang der Dinge wenn möglich zu erforschen und den Ursachen nachzuspüren. Aus einem gründlichen Studium aller solcher Vorkommnisse kann einst eine Voraussicht der Gefahren möglich werden — vielleicht in manchen Fällen sogar ein Eingriff des Menschen in den Gang der Natur, der uns ermöglicht, schweres Unglück abzuwenden. Nachdem die Verfasser, Mitglieder der Gletscherkommission, aus eigenem Antrieb die Gletscherlawine an der Altels studiert hatten, erhielten sie von der genannten Kommission den Auftrag, ihre Beobachtungen zusammen mit denjenigen verschiedener Kollegen zur Darstellung zu bringen. Eine schon vorher übernommene Verpflichtung des Unterzeichneten führte auf natürlichem Wege dazu, für diese Denkschrift das Neujahrsblatt der Zürcher. naturf. Ges. als Publikationsorgan zu verwenden.

Zürich, im Dezember 1895.

Albert Heim.

551.3734(494)
H76

I. Einleitung.

Eine Gletscherlawine. Die Natur hat zwei Mittel, Gletscher und Lawine, sich des Uebermasses von Schnee zu entledigen, welcher in der Schneeregion fällt. Der Schnee wächst nicht in den Himmel hinauf, sondern bei einer gewissen Ueberfülle rutscht er, von seiner eigenen Schwere getrieben, ab und sinkt zur Tiefe in die wärmeren Regionen, welchen ein Ueberschuss von Wärme zur Abschmelzung zur Verfügung steht. Das Heruntersteigen der Schneemassen geschieht beim Gletscher in langsamer, anhaltender, rutschender und zugleich fliessender Bewegung, wobei sich der Schnee allmählich in Eis umwandelt. Die Lawine hingegen ist eine periodische, plötzliche schnelle Strömung von der Höhe zur Tiefe. Die Art ihrer Bewegung gleicht dem Bergsturz oder dem Sturzbach. Fällt auf einen Schlag eine grosse Masse Schnee ins Thal hinab, so sprechen wir von einer Schneelawine; ist es aber körniges, altes Schneeis, d. h. ein Stück eines Gletschers, so nennen wir die Erscheinung am besten nach dem Vorgang von J. Coaz Gletscherlawine. Bei den grossen Thalgletschern kommt es selten vor, dass sie Gletscherlawinen erzeugen. Bei den kleineren „Hängegletschern“ oder „Gletschern zweiter Ordnung“, die nicht im Grunde eines eingegrenzten Thalweges fliessen, sondern mehr nur über steilen Gehängen aus den in die Schneeregion hinaufgreifenden Nischen herauswachsen, tritt nicht selten der Fall ein, dass sie über Steilgehänge hinausstossen und da abbrechend Gletscherlawinen liefern. Jeder Bergreisende kennt die donnernden Gletscherlawinen an den Wetterhörnern, der Jungfrau etc.

Die Altels trägt auf ihrem steil gegen Nordwesten abfallenden Scheitel einen Firnmantel, der in seinen tieferen Schichten in Firneis und Gletschereis übergeht, und in einem Lappen sich nach unten ausbuchtet. Er ist ein vom Scheitelfirn genährter, echter Hängegletscher. Nicht dass derselbe neu über eine Felswand sich hinausgeschoben hätte, denn wir stehen in einer Periode des Schwindens der Gletscher. Die Ursache der Abtrennung war hier eine andere. Ein mächtiger, bogenförmiger Einriss trennte den unteren Teil des Altelsgletschers ab, und auf steilen Felsplatten fuhren die Eismassen zu Thal. Sie überschütteten die ganze grosse Fläche von Winteregg bis über Spitalmatt und brandeten am gegenüberliegenden Berghang empor. Die Erscheinung, um die es sich hier handelt, ist also eine Gletscherlawine von einem Hängegletscher abgetrennt. Sie ist vergleichbar mit der Gletscherlawine des Biesgletschers am Weisshorn, die in

den Jahren 1635 und 1819 Randa zerstört hat, in den Ursachen aber, wie wir noch näher zeigen werden, davon ganz verschieden. Sie stellt uns nach der Ursache einen neuen bisher unbekannten Typus von Gletscherlawinen dar.

Publikationen. Ueber die Gletscherlawine an der Altels sind mir ausser kurzen Notizen in den Zeitungen bisher folgende Darstellungen bekannt geworden:

Verfasser:	Ort der Publikation:
Prof. Dr. Brückner (Bern)	in „Himmel und Erde“ (Urania), Jahrgang VII, Heft 2, Nov. 1895.
Oberforstinspektor J. Coaz (Bern)	„Bund“, Sept. 1895.
Prof. Dr. Chodat (Genf)	„Journal de Genève“, No. 220, 17. Sept. 1895.
Prof. Dr. F. A. Forel (Morges)	„Gazette de Lausanne“, 16. Sept. 1895 etc., „Archives des Sciences physiques et naturelles“, Genève, Déc. 1895.
Gentinetta, Zen-Ruffinen u. Loretan	„Gazette du Valais“, 5. Oct.
Prof. Dr. C. Schröter (Zürich)	„Neue Zürcher-Zeitung“ vom 4., 5. u. 6. Okt. 1895, „Alte u. neue Welt“, illustr. kath. Familienblatt, Einsiedeln. 30. Jahrg. 2. Heft, Nov. 1895.
Charles Sarasin	„Archives des Sciences . . .“, Genève, Déc. 1895.
E. A. Martel	„La Nature“, No. 1170, 2. Nov. 1895.
Attinger frères	„Musée du Foyer“, Neuchâtel, No. 41 et 42, Oct.
E. K.	„La Patrie Suisse“, Sept. 1895, Genève.

Photographieen des Gebietes sind in den ersten Tagen und Wochen nach dem Absturz meines Wissens von folgenden Gelehrten oder Photographen aufgenommen worden:

Albert Büchi, Volken, Kt. Zürich.
Gabler (Interlaken).
Völlger (Bern).
Schröder (Zürich).
Attinger frères (Neuchâtel).
P. Montandon (Thun).
Dr. Leo Wehrli, Geolog (Zürich).
Prof. Dr. Ed. Brückner (Bern).
Schönenberger, Adjunkt des eidg. Forstinspektors (Bern).
Rud. Schlatter (Zürich V).

Wahrnehmung des Vorganges. Am 11. Sept. 1895 nach einer langen Zeit heissen, schönen trockenen Wetters trat das Ereignis an der Altels ein. Es war noch dunkel, früh morgens zwischen $4^h\,45$ und $5^h\,15$, am wahrscheinlichsten um $5^h\,10$ Min., als man im Hôtel Schwarenbach mehrere Minuten lang anhaltendes, donnerähnliches Getöse und heftigen Windstoss mit Zittern vernahm. Frau Bohni, die Besitzerin des Hôtels, wurde davon geweckt und dachte zuerst an ein Erdbeben. Die Kellnerin, Frl. Margaretha Fischer von Meiringen, war schon auf. Sie lief eilig durch den Gemmiweg hinaus und sah, vielleicht 100 m östlich des Hôtels stehend, im Halbdunkel noch eine weissliche, wolkenähnliche Masse von

der Altels hinabfahren. Dieser einzigen überlebenden Augenzeugin fiel auf, dass wenig Schneestaub aufspritzte, und sie hielt den Vorgang auch nach dem Getöse für eine Lawine von bloss gewöhnlicher Grösse. Die Spitalmatte selbst konnte sie von ihrem Standorte aus noch nicht überblicken. Bald brachen vier Waldarbeiter: Samuel Stoller, Jungen und Aellig von Frutigen und Reichen von Kandergrund nach dem Arvenwald an der Spitalmatte auf. Sie hatten ausnahmsweise in Schwarenbach und nicht wie sonst in den Hütten der Spitalmatte übernachtet, „weil sie sich am Abend des 10. einmal einen Trunk Wein gestatten wollten". Sie kehrten bald nach Schwarenbach zurück mit der Meldung, es sei die ganze Alp samt einem Teil des Waldes zerstört und unmöglich, vorzudringen. Darauf sandte Frau Bohni (Schwarenbach) sofort einen Knecht nach dem Gemmihôtel auf der Passhöhe, um von dort die Unglücksbotschaft nach Leukerbad zu telephonieren und einen zweiten, den Knecht und Wächter Christian Trachsel, zubenannt „Sadi", nach Kandersteg, um dort Nachricht zu geben. Der letztere hatte einen mühsamen und wegen eventuellen Nachbrüchen gefährlichen Weg über die frisch hingestürzten, höckerigen Eistrümmerhaufen zurückzulegen; er arbeitete sich durch und langte ohne Unfall $9^1/_2{}^h$ in furchtbarer Aufregung und ganz nass und beschmutzt in Kandersteg als Unglücksbote an.

In Kandersteg unten hatte man Getöse gehört und Erzittern vom Windschlag verspürt. Auch da wie im Gastergrund dachten die Einen an eine Lawine, Andere an ein Erdbeben, viele merkten gar nichts. Ein Mann von Frutigen, der um 5 Uhr Kandersteg passierte und gegen die Gemmi gieng, sah hinter dem Gellihorn einen fürchterlichen Wirbelsturm mit mächtigen Staub- und Schneewolken und vernahm ein Tosen und Krachen wie von einem Erdbeben; etwas später, als er ein Stück hinter Kandersteg gekommen war, fiel während kurzer Zeit ein kalter Regen aus hellem Himmel nieder. Die Wolke war Eisstaub, Regen durch dessen Schmelzung entstanden. Reisende, die über die Gemmi wollten, trafen an jenem Morgen an den „Walliserkehren" ob Kandersteg alles mit Eisstaub weiss bepudert und mit Arvenzweigen überstreut. In der Ueschinenalp, von der Spitalmatte getrennt durch den zirka 400 m hohen Ueschinen- oder Gellihorngrat, entstand ein starker Eisstaubregen. Am Torrenthorn südöstlich von Leukerbad und in Frutigen, das 15 km in gerader Linie nördlich liegt, wurde ebenfalls noch das Getöse vernommen, und auf Beatenberg fragte man sich, ob irgendwo in der Ferne schon so früh Sprengarbeit gethan worden sei.

Die verschüttete Spitalmatte samt der Alp Winteregg, deren Hütten längst abgetragen worden waren, liegen auf Bernerboden, sind aber Eigentum teils der Einwohnergemeinde Leukerbad, teils einer Korporation. Die Alp war dies Jahr mit 217 Stück Vieh befahren. Das meiste war Walliser-Vieh, besonders aus den Gemeinden Leukerbad, Albinen, Inden, Leukstadt und Varen, das wohl auf

40 nutzungsberechtigte, meist arme Eigentümer sich verteilt. Die Thalfahrt hatte teilweise schon stattgefunden. Frauen und Kinder mit dem Kleinvieh — Ziegen, Schweinen und Hühnern — waren seit einigen Tagen nicht mehr auf der Spitalmatte. Bohny und Wandfluh aus Frutigen hatten ihre 32 Stück Vieh einige Tage vorher zu Thal getrieben. Die Walliser-Sennen und Hüter mit dem Walliser-Grossvieh hätten nach altem Usus am 13. September über den Gemmipass ins Wallis zurückkehren sollen, nachdem vorher noch die Verteilung und Abrechnung betreffend die Produkte der Sömmerung stattgefunden.

Auf die Nachricht wurde im Leukerbad Sturm geläutet. Schon 2 ½ Uhr am Nachmittag des Unglückstages erschienen ausser 30—40 Bewohnern der betroffenen Wallisergemeinden die Amtspersonen auf dem Platze:

Bei diesem amtlichen Augenschein waren anwesend, der fast 83jährige Amtsstatthalter Daniel Jungen von Frutigen, Nationalrat Bühler von dort, von Leukerbad Pfarrer Varonnier und drei Ratsmitglieder. Es galt vor allem, erst die Leichen der Menschen zu suchen, ihre Identität amtlich festzustellen, was durch die Zeugen Rafael Loretan und Andreas Grichting geschah und dann die Leichen zu bergen.

Die verunglückten Menschen. Es wurden gefunden:

Joseph Roten, Vizepräsident der Gemeinde Leukerbad. Herr Roten war als tüchtiger Vertrauensmann gebeten worden, mit den Sennen die Abrechnung und Käsverteilung unter die Beteiligten vor der Thalfahrt zu bereinigen, wie er dies schon viele Jahre besorgt hatte. Zu diesem Amte als „Bergvogt“ war er Tags zuvor über die Gemmi nach der Spitalmatte gestiegen. Die einzige Nacht, welche er dort weilte, war die Unglücksnacht. Er war 43 Jahre alt und hinterlässt eine Witwe mit drei Kindern. Die Leiche lag etwa 150 m von der Hütte, in welcher die Männer schliefen, gegen SW auf eine Anhöhe geschleudert mit dem Gesicht nach der Erde gekehrt und mit Schutt überdeckt, sie hatte eine klaffende Wunde am Schenkel.

Hyacinth Tschoop, Schreiner von Leuk, verheiratet, kinderlos, war als Gehülfe des Bergvogtes Tags zuvor mit demselben nach der Spitalmatte gegangen. Seine Leiche lag hinter einem Felsblock, sie war stark entstellt und zeigte verschiedene Arm- und Beinbrüche.

Alois Grichting, Unterküher und Schafhirt von Leukerbad, 19 Jahre alt, ledig, hinterlässt eine 80jährige Mutter. Seine Leiche lag neben einem Strohsack und war nicht entstellt.

Kaspar Jäger, Senn von Turtmann, 52 Jahre alt. Ein Teil des Schädels war abgerissen, der Körper hieng an einer gestürzten Arve, die gebrochenen Beine um einen Ast geschlungen, die Eingeweide heraushängend.

Alle vier lagen unweit den Trümmern der ganz in Stücke auseinandergeflogenen Hütte fast in einer Reihe gegen SW an den Hügel hinaufgeworfen.

Beinbrüche waren häufiger als Armbrüche. Nach andern Notizen war einer der Leichen ein Fuss abgetrennt. Ausser bei Jäger sollen noch bei zwei andern Schädelbrüche vorhanden gewesen sein; an welchen, das konnte ich nicht in Erfahrung bringen. Drei Leichen lagen frei oben auf, nur eine musste wenig tief aus Eis- und Steinstaub ausgegraben werden. Einer war ganz nackt, einer halb angekleidet, die Kleider aber wieder halb abgerissen, der dritte hatte einen Strumpf in der Hand und an einem Fusse einen Schuh. Alles deutet darauf hin, dass sie während des Aufstehens von der Katastrophe überrascht wurden. Verwundungen und Stellung der Toten sind der Art, dass man erkennt, der Tod müsse sofort eingetreten sein und zu Angst und Leiden keine Zeit gelassen haben.

Die zwei jungen Hirten Paul Brenner und Aloys Roth aus Steg sind dies Jahr nicht mehr gefunden worden. Dieselben waren wohl schon ausgegangen, um das Vieh zum Melken zusammenzutreiben. Nach dem Wegschmelzen der Lawine im nächsten oder übernächsten Sommer wird man sie wohl finden.

Es sind also die sämtlichen sechs Menschen, welche auf der Spitalmatte weilten, getötet. Wäre der Sturz zu späterer Tageszeit erfolgt, so hätte er wohl an dem sehr begangenen Gemmiweg, den er auf gerade 2 km seiner Länge verschüttet hat, noch mehr Opfer gefordert. 3 Stück Vieh sind verschont. Dieselben hatten sich im südlichen Teil des Arvenwaldes von der Heerde abgesondert. Die übrigen 169 (158 Stück Rindvieh, 9 Schweine, 1 Maultier, 1 Hund) sind getötet.

Die menschlichen Leichen wurden in Tücher gewickelt und auf kurzen Leitern als Tragbahren bis auf die Gemmihöhe getragen, von dort auf Schlitten nach Leukerbad hinab gefahren und feierlich bestattet. Am 12. September wurden die noch verwertbaren Gegenstände, wie ein Teil der Käse, Hausrat etc. von ihren Eigentümern ins Wallis hinüber gebracht. Am 12., 13. und 14. September arbeiteten zahlreiche Berneroberländer Männer unter Leitung des Oberwegmeisters G. Reichen von Bühlbad, Kandersteg, und nach Anweisung des Bezirksingenieurs M. Aebi an der Wiederherstellung eines gangbaren Weges durch die Lawine. An den folgenden Tagen besuchten hunderte von Menschen die Unglückstätte. Am 16. September arbeitete die vom Walliser Staatsrate beauftragte Kommission (Reg.-Statth.-Subst. Gentinetta, Ingenieur Zen-Ruffinen, Raph. Loretan) auf der Spitalmatte zur amtlichen Ermittlung des Schadens.

Geologisch-orographische Orientierung. Die gesamte Situation wird besser als durch viele Worte durch einen Blick auf die beiliegende Karte erläutert. Wir wollen uns hier nicht auf Lokalbeschreibungen verlegen, sondern die Karte sprechen lassen. —

Die Altels (sprich Alt—Els) gehört zu jener Zone der Alpen, in welcher die mächtigen Schichtenkomplexe der oberen Jura-Kalke („Malmkalk“, „Hochgebirgskalk“) gegen die inneren Ketten aufgerichtet sind. Fast der ganze Berg besteht,

ganz ähnlich wie Titlis, Gadmenflühe, Gspaltenhorn, Blümlisalpgruppe etc. aus dem zirka 30° nach NW abfallenden gegen SO in steilen Wänden quer abgebrochenen, blaugrauen Hochgebirgskalk, der durch seine Schichtung und Lagerung die ganze einfach und edel geschnittene Gestalt des Berges bedingt. Aus dem bergsturzerfüllten Kanderthal, das ein Querthal ist, steigt man steil hinauf zu der Thalstufe der Spitalmatte (1850—1900 m), welche bis zur Gemmipasshöhe (2329 m) ein typisches Längsthal, ein Isoklinalthal, darstellt. Die südöstliche Thalwand wird eben von den Malmschichtflächen der Altels, des Rinderhornes und der Plattenhörner gebildet, die nordwestliche (Ueschinengrat) von den Schichtköpfen der Kreide- und Eocänbildungen. Die Altels (3636 m) bildet, wie fast alle diese isoklinalen Gipfel, eine dreikantige Pyramide, deren zwei Seiten aus den steil quer abgebrochenen Schichtköpfen, die andere aus Schichtflächen besteht. Diese letztere trägt den Scheitelfirn. Die ganze Sturzbahn vom Scheitelfirn bis in den Thalboden der Spitalmatte wird durch die zirka 30° geneigten Schichtflächen gebildet, die Anprallwand der Lawine auf der entgegenstehenden Seite des Spitalmatte- oder Schwarzbachthalkessels durch die Schichtköpfe der Kreidekalke. Die Streichrichtung und damit auch die Richtung unseres isoklinalen Hochthales ist von der normalen Streichrichtung der Zentralalpen (WSW — ONO) etwas abweichend SW — NO, weil wir uns in der Nähe des am Torrenthorn steil untertauchenden Ostendes des Aarmassives befinden. Der Thalgrund der Spitalmatte hat stark 2 km Länge, auf 800 m Breite. Er steht also quer zur Sturzbahn oder zur Fallrichtung der Schichten. Seine tiefste Region, wo der Schwarzbach fliesst, zieht sich am Fusse der Altels hin, gegen den Ueschinengrat steigt er hügelig an. Diese Hügel, z. B. diejenigen des Arvenwaldes, sind die Trümmerhaufen alter Bergstürze vom Klein-Rinderhorn und der Altels her.

Die Erscheinungen der Gletscherlawine an der Altels lassen sich aus ihren objektiven Wirkungen ableiten und erkennen, und zwar viel besser als sie durch irgend einen direkten Augenzeugen bei Finsternis und Eisstaub jemals hätten beobachtet werden können. Wir gehen nun über zu einer näheren Prüfung von Abriss-, Sturzbahn- und Ablagerungsgebiet.

II. Abrissgebiet und Abtrennung.

Schon vom Schwarzwaldblauen, 140 Kilometer von der Altels entfernt (Brückner, d. 6. Okt.), leichter vom Juragebirge, wie von vielen Aussichtspunkten des schweizerischen westlicheren Mittellandes sieht man jetzt unter dem Gipfel der Altels einen nach oben ausgekrümmten, bogenförmigen scharfen Ausschnitt in dem Scheitelfirn, dessen

Inneres dunkel erscheint und dessen Rand ein senkrechter Absatz im Firneis ist. Das ist der obere Abrissrand der grossen Lawine vom 11. Sept. Taf. II, Fig. 2 stellt dies Bild dar, wie ich es am 13. Sept. von Frutigen aus in Mittagsbeleuchtung zeichnen konnte. Auf Taf. II, Fig. 1, ist dieser Abrissrand abgebildet, wie er von der Weissen Fluh ob Schwarenbach aus gesehen wird, und die von den Herren Attinger und Du Pasquier am 28. Sept. aufgenommene Photographie Taf. 3, Fig. 1, gibt den Anblick, den er in der Nähe gewährt. Ganz wie der Anriss von Lawinen und Bergstürzen aller Art oder wie der Oberrand jedes Gletschersturzes ist er von der Form eines liegenden, annähernd parabolischen Gewölbes. Es ist die Gestalt, in welcher bei einer in der Mitte stärker als am Rande abwärts drückenden Masse stets die Maximaldrucklinien verlaufen und zu welcher die Maximalzuglinien, die das Zerreissen erzeugen, sich ungefähr senkrecht stellen. Der Abrissbogen hat eine einzige grössere zackige Unregelmässigkeit. Seine Sehne misst 580 m, die Bogenlänge 950 m. Die Abrisswand geht meistens vollständig senkrecht von der oberen Kante bis auf den Felsgrund hinab. Sie zeigt besonders nach unten schon aus grosser Entfernung den grünlichen Schimmer des Firneises und Gletschereises. Du Pasquier (= D. P.) berichtet weiter: „Die blauen Bänder im Eis sind an der Abrisswand deutlich zu sehen. Sie verlaufen dem Untergrunde ziemlich parallel und stimmen in ihrer Lage mit Schmutzschichten überein. An einer Stelle sieht man beide, Blaubänder wie Schmutzschichten, verbogen. Die Hauptmasse der Wand scheint Gletschereis, oben folgt Firneis und nur die oberste Schichte ist Firnschnee. Nur auf einer Strecke von etwa 40 bis 50 m Länge beobachtet man Spuren älterer Zerreissung, welche mit dem Abrissbogen zusammenfallen, während der ganze übrige Abriss nach der Beschaffenheit der Eiswand durchaus nicht einer schon länger existierenden Spalte entspricht, sondern eine ganz neue frische Trennung bedeutet.“

Auch die Altels-Führer sind trotz vieler sich widersprechender Angaben darüber einig, dass an der Stelle des Abrisses vorher kein Schrund zu sehen war.

„Der normale Bergschrund, der den fliessenden (hier noch nicht rutschenden) Gletscher von dem auf dem Fels festsitzenden Firn abtrennt, liegt wie meistens, so auch hier, an der Stelle des Gefällsbruches, das ist 80 bis 100 m oberhalb des Abrissrandes. Die Abtrennung der Eislawine läuft also merkwürdigerweise nicht dem Bergschrund entlang. Aus unseren Photographieen und aus Aneroid-barometrischen Ablesungen bestimmten wir folgende ungefähre Meereshöhen, ausgehend vom Gipfel der Altels, der 3636 m misst:

Bergschrund 3395 m,

Oberkante, höchste Stelle des Abrissrandes, 3340 m bis 3350 m.

Unterer Rand der Abrisswand daselbst 3300 m.

„Messungen über die Höhe der Eisabrisswand ergeben nach photogrammetrischer

Methode an derjenigen Stelle, wo eine stehen gebliebene Ecke in den Abrissbogen vorragt, das Maximum mit 40 m, an anderen Stellen zu beiden Seiten findet man 37 m, 35 m, 30 m, 25 m. Gegen die Flanken des Abrissbogens nimmt die Gletscherdicke erst nur langsam, in der Nähe der stehen gebliebenen Seiten aber dann rascher ab (Taf. III, Fig. 1)." (D. P.)

Gleich als am Tage nach dem Absturz der Abrissbogen zuerst durch das Gewölk sichtbar wurde, da sah man auch in demselben den kahlen Felsgrund entblösst. Derselbe besteht aus im Grossen ebenen, glatten, im Einzelnen rauhen, aber kaum zu erkletternden Schichtflächen des 30 bis 32° gegen NW abfallenden blauen Hochgebirgskalkes. Von einer Grundmoräne ist keine Spur zu sehen. Obermoränen fehlten selbstverständlich auf der von Felsen fast nirgends überragten Firn- und Gletscherkappe, und ebensowenig bot eine Endmoräne eine Stütze für den Fuss, indem eine solche auf diesen Felsplatten sich nicht hätte halten können.

Am linksseitigen Rande zieht sich der Altelsgletscher in einen längeren kleinen Gletscherstrom aus, der bis auf ca. 2670 m hinabreicht. Wir wollen denselben den Altelsseitengletscher nennen. Sein unteres Ende scheint bei allen Schwankungen anderer Gletscher und sicher seit Aufnahme der Karte 1881 stationär geblieben zu sein, wahrscheinlich deshalb, weil es unten in Eislawinen abbricht und der Gletscher in Folge des Abbruches gar nicht diejenige Länge erreichen kann, die nach seinen Ernährungs-, Bewegungs- und Abschmelzungsbedingungen selbst einem kleinen Stande entsprechen würde.

Diese lange Gletscherzunge ist fest und unbeweglich geblieben. Kaum dass vom unteren Ende ein kleines Stück abgeschlagen worden ist (Bannwart Müller). Ein Teil der grossen Lawine ist über den Altelsseitengletscher hinabgefahren und hat seinen Rücken gefegt, die weiche Oberfläche dort aufgepflügt und mit Streifen versehen (D. P.). Am Fusse sitzt dieser Gletscher auf einer flacheren, stützenden Terrasse auf, was ihm den nötigen Widerhalt geboten hat.

Die Gestalt und Lage des Altelsseitengletschers ergibt sich am besten aus der Karte und aus Taf. II, Fig. 1. Das war der Gletscher, dem wir ein Abrutschen wohl eher zugetraut hätten, als dem oberen Altelsgletscher.

„Wir haben alles Mögliche versucht, um aus Photographieen, Führeraussagen etc. die Grösse des Altelsgletschers vor dem Abbruch zu bestimmen, allein ohne ein sicheres Resultat zu gewinnen. 1841, zur Zeit der ersten topogr. Aufnahme, reichte der Altelsgletscher weiter hinab als in diesem Jahrzehnt. 1881 ging er bloss bis 3100 m hinab. 1887 scheint er wieder länger gewesen zu sein (bis 3000 m?). 1895 war er kleiner als 1841 und 1887, aber eher grösser als 1881. Im Sommer 1895 scheint der Gletscher nach unten fast die Gestalt eines Wassertropfens auf schiefer Unterlage angenommen zu haben. Führer S. Ogi sagt, das jetzt abgestürzte Gletscherende sei in den letzten Jahren hoch gewölbt und „wie über-

hangend“ gewesen. Letzteres wird auch von Führer und Bannwart Ab. Müller behauptet.

„Bezeichnend für die mittlere frühere Ausdehnung des Gletschers ist die Beschaffenheit der entblössten Felsschichtflächen. Dieselben zeigen unterhalb der Höhe von 3000 bis 3100 m deutliche Karrenfurchen, während oberhalb, wo der Gletscher am Felsgrunde angefroren gelegen hat, solche fehlen.“ (D. P.)

Die Grundfläche des abgestürzten Gletscherstückes, das ist die Gesamtfläche des Abrissgebietes, bemisst sich, je nachdem wir uns den Stand des Gletschers vor dem 11. Sept. denken, auf wenigstens 142 000 m^2, höchstens 200 000 m^2; für das wahrscheinlichste halte ich 180 000 m^2. Eine mittlere Dicke von 25 m dürfte der Wahrheit wohl am nächsten liegen, vielleicht aber auch noch etwas zu klein sein. Dies ergiebt 4 500 000 m^3. Wir dürfen somit sagen, es ist hier eine Eismasse von etwa vier und einer halben Million Kubikmeter abgestürzt.

Den Vorgang der Abtrennung selbst denken wir uns etwa wie folgt. Kurze Zeit vor der verhängnisvollen Minute, vielleicht einige Tage, vielleicht nur wenige Minuten vorher, ertönte von Zeit zu Zeit, freilich von Niemanden gehört, ein dumpfer Krach, und der Gletscher erzitterte. Das letzte Mal und am stärksten geschah dies einige Minuten nach 5 Uhr morgens am 11. Sept. Die Abtrennung ist damit im ganzen Abrissgebiet vollzogen. Langsam öffnet sich die Kluft, der Gletscher fängt dann als Ganzes an zu gleiten, nach einigen Sekunden wird die Bewegung rascher, das abgetrennte Gletscherstück bricht in sich zusammen, wird zum groben Seracsblockwerk, dann zum Trümmerhaufen, und fährt nun in rasender Eile stromartig über die steilen Felsplatten hinab.

Die Zeitungen haben allerlei von Nachstürzen, die später erfolgt seien und noch erfolgen würden, berichtet. Allein dies alles waren nur Angsterfindungen einzelner ungenügend unterrichteter Berichterstatter. Wohl sind hie und da noch einige vorragende Zacken der Abrissränder mit einigen Kubikmetern Eis nachträglich abgebrochen oder die in der Sturzbahn oder am Ueschinengrat gebliebenen Eisreste der Lawine lösten sich und polterten zur Tiefe. Allein das ist kaum der Rede wert. Ein Nachsturz, der diesen Namen verdiente, ist nach dem frühen Morgen des 11. Sept. gar nicht mehr erfolgt; die Abrisswand ist bis jetzt fast unverändert dieselbe geblieben, wie sie am Morgen des Unglückstages war, und die Spalten oberhalb haben sich, so weit beobachtet werden konnte, bis jetzt auch nicht erweitert. Die Frage ist schwer zu beantworten, ob Nachstürze im kommenden Sommer zu gewärtigen seien. Sollte die Totalabtrennung noch bis zum Bergschrund, der sogenannten Randkluft, hinaufgreifen, so würde dies eine Lawine von etwa 1 200 000 m^3 bis 1 500 000 m^3 ergeben — gross genug, um den Gemmiweg abermals auf 1½ Kilometer Länge zu verschütten. Man erhält aber beim eingehenden Studium der Formen eher den Eindruck, dass der Streifen

zwischen Abriss und Bergschrund ein Gewölbe, nach einer Maximaldrucklinie abgetrennt, darstelle, welches seitlich beiderseits genügenden Halt hat und nicht mehr als grosse Masse nachstürzen, sondern sich selbst halten und tragen wird. Der Winter wird wieder ein Anfrieren an den Felsgrund mit sich bringen und neuen Schnee vorlagern. Kleine Randabbrüche werden nicht ausbleiben, aber eine neue Katastrophe im Sommer 1896 scheint uns wenig wahrscheinlich.

III. Stürzbahn und Thalfahrt der Gletscherlawine.

Gestalt der Sturzbahn. Bei jeder Bewegung von der Höhe zur Tiefe liegt zwischen Abriss und Ablagerungsgebiet die Bahn. An der Altels ging die Lawine zuerst über die schiefen Schichtplatten hinab. Bei etwa 2550 m und von da abwärts folgen in der Bahn einige Abbrüche der Schichtplatten als Felsabsätze. Dann kommt bei 2300 bis 2170 m hinab die flachere Terrasse der Tatelen. Hier blieben in der befahrenen Rinne ziemlich grosse Mengen von der Nachhut der Lawine zurück. An der Oberfläche sind sie in scharfe Wälle und Furchen streifig in der Bewegungsrichtung geordnet, und die Schlucht ist ganz damit ausgefüllt. Die hier liegenden Lawinenmassen sind locker gelagert und noch kaum zu begehen (D. P., 27. Sept.). Sie endigen mit steilem Abriss da, wo die Böschung wieder steiler wird. Im letzten Stück der Bahn scheint der Stromstrich der Lawine sich nicht mehr den kleineren Terrainformen angeschmiegt zu haben. Die Lawine ging in der eingeschlagenen Richtung über den Felskopf zwischen einer nördlichen tieferen und einer südlichen schwächer ausgeprägten Rinne hinaus und überschoss mit freiem Fluge durch die Luft zum Teil den Fuss der Steilwand, der ganz unberührt und geschützt geblieben ist. Taf. I, Fig. 2 gibt ein Profil der Sturzbahn. Folgende Tabelle zeigt ihre Dimensionen:

In der Sturzbahn gemessen:

	Meerhöhe.	Vertikaldistanz.	Horizontaldistanz.	Bahnlänge.	Böschungswinkel.	Böschung in %.	
	3300—2700	600	950	1125	30°	57 1/2	
	2700—2300	400	600	750	36°	73	
	2300—2170	130	670	680	10°	18	
	2170—1860	310	600	700	25°	46 1/2	
In Summe:	3300—1860	1440	2820	3255	27°	51	im Mittel.

Die Sturzbahn vom oberen Anriss bis an die Sohle, wo das Ablagerungsgebiet beginnt, hat somit 1440 m Höhe bei 3255 m Länge und im ganzen 27° Böschung. Sie ist nicht völlig geradlinig. Zuerst wandten sich die stürzenden Massen etwas

mehr rechts, wurden dann aber in der Region der steilsten Sturzbahn von den Schutthalden am Abhang des Obertatlishorn wieder um etwa 10° mehr gegen links gerichtet. Der Stromstrich der Lawine, der oben wohl 600 m breit war, scheint in der Rinne auf Tatelen auf etwa 250 m Breite zusammengegangen zu sein. Der Gischt, der in Gestalt zahlreicher weisser, rundlich gerollter, vom Eismehl freigeblasener Eistrümmer beiderseits überbordete, und der dorthin verbreitete Eisstaub bezeichnen eine Bahn von ca. 700 m Breite.

Einzelne Steine und Eisgerölle sind über den Abhang unter Tatelen nördlich der Hauptschlucht und auch noch südlich der Nebenschlucht gefahren, und die Steine haben da manche Schramme in den Rasen geschlagen. Die weiter oben seitlich der Sturzbahn sichtbare Streifung des Bodens ist aber nicht durch Aufschürfen, sondern durch Auflagerung von Eisstaub und Eiskonglomerat erzeugt, unter welchem man den Rasenboden, wo solcher überhaupt vorhanden war, beim Abdecken unverletzt erhalten findet. Die wellige Gestalt der Sturzbahn ist durchaus nicht durch Ausschleifen durch die Gletscherlawine entstanden, sondern bestand schon vorher genau in dieser Gestalt. Kaum dass die Lawine am rechten Rande der Sturzbahn die Basis der Schutthalden etwas angegriffen hat. (D. P.)

Die ganze Fläche der Sturzbahn, vom ehemals untern Rande des Altelsgletschers bis an den Fuss des Abhanges, misst im Grundriss für den eigentlichen Stromstrich der Lawine bei 2400 m Länge 1 030 000 m², für die gesamten Spuren der Lawine, also einschliesslich der überbordenden Eistrümmer, 1 695 000 m². Beiderseits ist die Grenze auch für den überbordenden Gischt eine ziemlich scharfe und geradlinige, wie dies unsere Karte zeigt.

Im ganzen muss man sagen, dass unserer Lawine eine fast ganz freie, offene, von keinen Hindernissen durchquerte und fast geradlinige Bahn von im obern Teile ungewöhnlicher Glätte und von steiler Böschung zur Verfügung stand, so dass die Bewegung sich in vollstem Masse ungehindert entwickeln und auf das Ablagerungsgebiet einwirken konnte. Man muss die Bahn im Profil ansehen (annäherndes Bild giebt Taf. II, Fig. 1) oder man muss hinaufsteigen zum Abrissrand und von dort hinunterschauen, um eine Ahnung von der Gewalt eines Sturzes von 4½ Millionen Kubikmeter Eis durch diesen Weg hinab zu erhalten.

Die Widerstände. Die inneren Widerstände bei einer stürzenden, in Trümmer aufgelösten Eismasse sind sehr gering und um so geringer, je grösser die Masse wird. Unter Umständen dürften sie vielleicht kleiner werden als selbst bei Wasser, indem, wenn einmal alles in rundliche Eisgerölle und Eisstaub sich aufgelöst hat, keine Kraft mehr zum Dehnen der Bewegungsfäden verwendet werden muss, welcher Faktor hingegen beim Wasser stets wirkt und mit der Geschwindigkeit nicht abnimmt. Die Reibung eines Eistrümmerstromes auf seinem Untergrunde ist auch gering. Denn die Beobachtungen an stürzenden Lawinen haben mir stets

gezeigt, dass überall, wo der Kanal rauh wird, er sich sofort mit Eistrümmern glatt auspflastert. Es bildet sich eine Gleitfläche zwischen dem ansitzenden und dem strömenden Eis oder Schnee aus, und so bewegt sich wiederum nur Eis in Eis. Damit steht in Uebereinstimmung, dass man, wo steinarme Lawinen über den Rasenboden gefegt haben, zwar wohl den Rasen angedrückt und gekämmt findet, aber die Blumenköpfchen sind nicht einmal abgerissen, die Grashalme nicht weggerieben. Gewiss wäre die Reibung viel grösser, wenn Eis und Kanal einige Grade unter 0 stünden. Allein in der Regel ist die Sturzbahn viel wärmer; an der Altels ist sie gewiss 5 bis 15° gewesen, und meistens sind auch die stürzenden Schnee- und Eismassen schon vor dem Absturz im Schmelzen begriffen, also auf 0°. (Sicher so bei allen Grundlawinen und wahrscheinlich auch an der Altels am 11. Sept.)

Endlich ist hervorzuheben, dass der Luftwiderstand in der Rinne bei der Thalfahrt nicht gross gewesen sein kann. Es geht dies deutlich aus der konzentrierten geschlossenen Bahn hervor, ferner aus der relativ geringen seitlichen Zerstreuung, den geringen Spuren von seitlicher Windwirkung auf Tatelen. Der grosse Windschlag, der sich im Ablagerungsgebiete geltend machte, ist erst bei dem Sprung der Massen in die Luft weiter unten entstanden, wie wir noch nachweisen werden. Wir beobachteten Entsprechendes schon oft bei Bergstürzen und Lawinen. So lange der Trümmerstrom gut beisammen bleibt, reisst er wenig Luft mit; Heuhaufen dicht am Rande bleiben intakt stehen (Elm); wo er aber zerspritzen oder frei hinausspringen muss, da überträgt er einen Teil seiner lebendigen Kraft an die Luft und verliert an Geschwindigkeit. Die Reibung eines annähernd geschlossenen Lawinenstromes an der Luft ist bei solchen Massen ganz bedeutungslos.

Das bisher Erwähnte spricht für geringe Absorption von lebendiger Kraft durch Widerstände. Andererseits darf aber auch nicht vergessen werden, dass wegen des geringeren spezifischen Gewichtes bei Eis die Geschwindigkeit rascher verringert wird, als bei Felssturz. Ferner wird ein Teil der durch den Fall frei werdenden lebendigen Kraft zur Zertrümmerung der Masse während des Sturzes verwendet.

Geschwindigkeit und Zeit der Thalfahrt. Ohne solche Widerstände und ohne solchen Kraftverbrauch würde die Gletscherlawine am Fusse der Gleitbahn mit zirka 160 Sekundenmeter Endgeschwindigkeit eingetroffen sein. Wurde unterwegs die Hälfte der Energie an Widerständen und innerer mechanischer Arbeit eingebüsst, so bleiben noch 118 m Geschwindigkeit. Wir wollen diese Zahl, welche jedenfalls eher zu niedrig als zu hoch gegriffen ist, in der Folge festhalten. Brückner gelangte auf anderer Grundlage auf 120 m. Die mittlere Geschwindigkeit in der Sturzbahn beträgt darnach zirka 50 bis 60 Sekundenmeter. Dies ist dreifach die Geschwindigkeit eines Schnellzuges, es ist doppelt so schnell als der Flug des Adlers und schneller als ein Orkan.

Die Zeit, welche der Eisstrom verbrauchte, um die 3200 m lange Sturzbahn mit 50 m mittlerer Geschwindigkeit zu durchlaufen, beträgt rund eine Minute.

Denkt man sich aber in einige Entfernung von der Sturzbahn, z. B. auf Weisse Fluh, von wo unser Bild Taf. II, Fig. 1 gezeichnet ist, und stellt man sich diese Bewegung vor, so wird sie von dort erscheinen wie ein majestätisches, ruhiges Fliessen. Man hätte von dort bei Tageslicht gewiss die Front des vorrückenden Eistrümmerstromes, ganz erinnernd in der Art der Bewegung an einen grossen Fluss, genau verfolgen können, denn der aufgewirbelte Eisstaub blieb gegenüber dem kompakten Strom zurück als wirbelnde, nur allmählich in grössere Ballen auseinander schwellende Wolke. Mit dem Momente, da die Eislawine beinahe den Boden der Spitalmatte erreichte und hier aufschlagen wollte, muss dann plötzlich eine ungeheure Eisstaubwolke unter dem Strome radial auseinander gefahren sein und aufwirbelnd die weitere Bewegung der Eislawine für das Auge gänzlich verborgen haben.

Die letzte Minute der Verschütteten. Der Schall gebrauchte von dem obersten Teile der Sturzbahn nur 12 Sekunden, um an das Ohr der Männer zu schlagen, die in der Spitalmatte schliefen, er eilte also der Verheerung auf der Spitalmatte um 48 Sekunden voran. Dazu kommen noch wieder zirka 10—15 Sekunden, bis die Wirkung über die Spitalmatte zu den Hütten vorgedrungen war. Die Männer werden das Donnern vernommen und zuerst gedacht haben, es sei eine der gewöhnlichen, dort oft gehörten Gletscherlawinen an den Wänden über dem Schwarzgletscher. Als das Dröhnen aber nicht aufhören wollte — denn eine ganze Minute andauerndes, unbegreifliches Getöse erscheint unserem Gefühle sehr lange — und als es noch zunahm, da werden sie aufgesprungen sein, um sich schnellstens anzukleiden. Aber plötzlich, ehe sie auf eine grosse Gefahr sich besinnen, kracht das Gebälk und der Windschlag hat sie getötet und mit den Hütten weggeschleudert.

Und in grösserer Entfernung wird das Donnern noch länger hörbar gewesen sein, als bloss während einer Minute. Es kam sofort noch ein kleiner Nachbruch, und Schall und Wiederschall mögen sich zwischen den Bergwänden hin und her ausgelöst haben, bis es nach einigen weiteren Minuten stille wurde.

IV. und V. Das Ablagerungsgebiet.

Allgemeines über Trümmerströme. Wenn nur kleinere Massen, Eis oder Schnee, Steinschutt oder Fels niederstürzen, so häufen sich dieselben angelehnt an den Fuss des Gehänges in Gestalt eines Kegels an, der um so regelmässiger wird, je zahlreicher und je kleiner die einzelnen Stürze und um so steiler, je trockener

und je eckiger und rauher die Gesteinstrümmer sind. Gelangt aber eine grosse Masse auf einmal zum Absturz, dann vermag der Gefällsbruch am Fusse der Bahn die in der Masse aufgespeicherte lebendige Kraft nur zum kleineren Teile aufzufangen. Es bleibt noch viel solche Kraft in der Masse zurück, sie bewegt sich deshalb weiter vom Fusse der Bahn hinaus, bis Reibung, Widerstand der Luft und, je nach der Gestaltung des Bodens, auch Ablenken oder Aufsteigen an entgegenstehendem Gehänge den Ueberschuss an lebendiger Kraft aufgezehrt haben und die Masse dadurch zum Stillstande bringen. So kommt es, dass grosse Stürze am Fusse der Bahn am wenigsten Aufschüttung ergeben, dass ihre Hauptmasse weiter draussen, oft hoch aufgebrandet an einem gegenüberstehenden Gehänge, stille steht, und dass an Stelle der Kegelgestalt mehr oder weniger deutlich die Form eines Stromes tritt. Wie oft haben wir schon staunend die Aehnlichkeit der Formen bewundert, welche Lavastrom, Schuttrutschung, Gletscher, Bergsturz, Lawine etc. erzeugen, gleichgültig ob die Bewegung ein langsames Einherschleichen oder ein blitzschnelles Einherfahren war. Es ist eben die Strömung, mit ihren charakteristischen Differentialbewegungen bei gegenseitiger Abhängigkeit in der Bewegung der einzelnen Teile, welche allen gemeinsam ist. Um so mehr gleicht sie dem Strömen einer Flüssigkeit, je kleiner die einzelnen Trümmerstücke, gewissermassen die Moleküle der Flüssigkeit, im Verhältnis zur ganzen Masse des Stromes werden.*) Die Unterschiede zeigen sich nur darin, dass die langsame Strömung sich der Unterlage vollständiger anpasst, die Brandungserscheinungen mässig bleiben und manche Nebenwirkungen wie Windschlag etc. fehlen. Schon bei gewöhnlichen Grundlawinen von einigen hunderttausend Kubikmetern Inhalt ist der sogenannte Lawinenkegel meist in der Form kein Kegel mehr. Niemals kann die Ablagerung kegelförmig werden, wo, wie hier, 4 ½ Millionen Kubikmeter 1400 m hoch herunter gefahren sind.

Anblick. Da liegt vor uns das Bild der Verwüstung. Die blendend reine Firn- und Gletscherkrone der Altels hat sich durch den Gang zur Tiefe sehr zum Nachteile verändert. „Ueberall die gleiche einförmige Trostlosigkeit, wirkungsvoll ohne grossartig zu sein; ein Konglomerat schmutzig und kotig, nur hie und da lässt es den Firn durchblicken; das ist das Leichentuch, unter welchem das ganze Thal begraben liegt. Diese Landschaft, mit welcher der Künstler sich nicht abgeben wird, wird sogar ein trauriges Gesicht auf der Platte des Photographen machen. Die bewusstlosen Naturkräfte haben da roh drauf los gearbeitet und haben mich an die Traurigkeit und Wüstenei des Deltas vor St. Gervais erinnert.“ Mit diesen sehr bezeichnenden Worten beschrieb Herr Hochgebirgsphotograph J. Beck das Schuttfeld („La Nature“, 2. Nov. 1895).

---

*) Vergl. Alb. Heim, Ueber Bergstürze. Neujahrsblatt der Zürch. naturf. Ges. 1882.
Alb. Heim, Der Bergsturz von Elm. Zeitschrift der deutschen geolog. Ges. 1882, I. Heft pag. 80, und 1882, II. Heft pag. 430.
Alb. Heim, Handbuch der Gletscherkunde, Seite 191—196.

Lawine und Spritzzone. Wer die verwüstete Fläche durchwandert, der bemerkt bald, nachdem er sich an den Anblick des schmutzigen Haufens gewöhnt und darin unterscheiden gelernt hat, dass er aus zwei wesentlich verschiedenen Teilen besteht. Im mittleren Teil in der Richtung von der Sturzbahn bedeckt die Eis-Lawine den Boden in bedeutender Mächtigkeit. In einer randlichen Zone, welche besonders thalauf und thalab deutlich entwickelt ist, sehen wir hingegen fast nur die intensiven Wirkungen des Windschlages. Hier sind Eisstaub und zerstreute Eisstücke nur noch hingespritzt, sie bedecken den Boden nicht mehr geschlossen. Wir nennen diese äussere Zone die Spritzzone. In beiden Gebieten, stärker in der Spritzzone, empfand man in den ersten paar Tagen jenen feuchten Thon- und Modergeruch, der solche Verwüstungsstellen auszeichnet und den ich von Elm her noch in deutlicher Erinnerung hatte.

IV. Die Eislawine im Ablagerungsgebiet.

Die innere Struktur. Betrachten wir zuerst im Einzelnen die innere Struktur der Eislawine, wie sie auf einem Teil der Spitalmatte ausgebreitet liegt. Dazu steht uns nicht nur die ganze höckerige Oberfläche zu Diensten, sondern auch eine Anzahl Steilabbruchstellen, welche den Lawinenhaufen durchschneiden, Schneeklüfte und Spalten, die fast durchgehen. Es ist überall völlig das Gleiche, ein Eiskonglomerat (Taf. III, Fig. 3).

Ungefähr die Hälfte der Masse besteht aus in sich reinen, sauberen Eistrümmern. Dieselben sind grösstenteils echtes, ziemlich grobkörniges, klares Gletschereis, teils auch blasenreicheres Firneis. Diese Eistrümmer sind durchschnittlich klein, die Mehrzahl erreicht kaum Faustgrösse, dazwischen liegen viele bis kopfgrosse Eisblöcke, nur selten solche von einem halben Meter Durchmesser oder gar noch grössere. Ich habe keinen einzigen Gletschereisblock von über 1 m^3 Inhalt gefunden. Die Blöcke sind meistens gut gerundet, besonders die grösseren. Die Grundmasse ist schneeähnlich, strichweise schmutzig, strichweise wieder etwas reiner, stets aber trübe im Vergleich mit den eingeschlossenen Eistrümmern. Prüft man diese Grundmasse, die oft etwas weniger, meistens aber mehr als die Hälfte des Ganzen ausmacht, näher, so erzeigt sie sich nur zum kleinsten Teil als Firnschnee. Weitaus der grössere Teil ist Firneispulver und noch mehr Gletschereispulver. Im frischen Zustande war das für den Geübten deutlich zu erkennen, nach einigen Tagen der Sinterung aber schon nicht mehr. Nicht selten liegen Blöcke eines etwas fester cementierten Eiskonglomerates im übrigen Konglomerat

(s. Taf. III, Fig. 3). Das Eiskonglomerat war ziemlich fest schon bevor Frost eingetreten war, es war niemals ein total lockerer, unverbundener Haufe. Man konnte, wo es nicht von Zerreissungen gelockert war, darüber gehen, und es hielt sich sogar fest in senkrechten Wänden von 4 bis 8 m Höhe. Ohne Zweifel ist wie bei den Grundlawinen auch hier die Verfestigung durch den innern Druck der Masse im Momente des Stillestehens entstanden, indem jener zur Regelation nach dem Experimente des Schneeballes führte. Einige Tage später trat Frost nach Durchtränkung mit Schmelzwasser ein, dann wurde die Masse völlig fest wie aus einem Gusse. Der ganze Lawinenhaufe ist also ein mechanisches Trümmerwerk, bei welchem die Zertrümmerung selbt das Pulver für die Cementation zurechtgerieben hat. Auch der Cement ist mechanisch gebildet. Das Ganze ist ein Konglomerat von Eisblöcken mit Eispulver verkittet. Und diese Beschaffenheit zeigt die Lawine ganz in gleicher Weise in allen ihren Teilen.

Auch die Grundlawinen (Schneelawinen des Frühlings) sind oft ein Konglomerat von runden Klötzen. Dort aber sind die runden Klötze nicht durch Zertrümmerung und Abreiben entstanden, sondern vielmehr durch innere drehende Bewegungen aus dem Schnee abgedreht und durch Regelation verfestigt. Eine Eisstruktur aber von schlagender Aehnlichkeit zeigen grössere Eisgänge von Flüssen. Zum Vergleich diene unser Bild Taf. III, Fig. 4. Der Unterschied liegt nur darin, dass die gerundeten Trümmer beim Flusse Bruchstücke von Flusseistafeln sind, hier von Gletschereis und Firneis. Wenn der Eisgang zum Stehen gekommen ist, können wir oft von seinem vorderen bis zu seinem hinteren Teile im mittleren Stromstrich alle Stadien der Umwandlung verfolgen, von dem losen Haufwerk der erst zuletzt angestauten Eistafeln bis zum völlig verarbeiteten Eiskonglomerat, bei welchem gar keine Tafelformen mehr sichtbar sind und wo das cementierende, schneeartige Eispulver weitaus die Hauptmasse ausmacht. Der Eisgang hat eben sein Material unterwegs Schritt für Schritt sich an seiner Vorderstirne aufgegriffen, und dementsprechend ist es in den verschiedenen Teilen des Eistrümmerstromes verschieden stark mechanisch verarbeitet.*)

Bei der Gletscherlawine hat alles Material einen annähernd gleich langen Weg zurückgelegt und ist deshalb durchweg in fast gleichem Grade in ein Strömungskonglomerat umgearbeitet.

Diese ganze innere Zertrümmerung, die uns besonders durch ihre Gleichförmigkeit in Erstaunen versetzt, ist in der Sturzbahn durch die Bewegung des Strömens entstanden. Diese letztere mit ihrem gegenseitigen Drehen und Schieben und Stossen der einzelnen Teile gegeneinander und gegen den Untergrund arbeitet

---

*) Alb. Heim, Der Eisgang der Sihl. Vierteljahrsschrift der Zürch. naturforsch. Gesellschaft, XXXIX, 1894.

wie eine ungeheure Zerkleinerungsmaschine. Bei Felstrümmerströmen wirkt sie in ähnlicher Weise, nur ist dort das Material weniger bildsam als hier. Der Vergleich der Gletscherlawine auf der Spitalmatte mit dem Eisgang der Sihl zeigt uns zugleich, dass eine Strömung von geringer Geschwindigkeit auf grössere Distanz ganz die gleiche Folge hat, wie eine solche von rasender Flucht. Ich möchte für diese nach Entstehung wie Resultat charakteristische Art der inneren Zerkleinerung die Bezeichnung: Strömungskonglomerat vorschlagen. Das Strömen nur, das eben kein Rutschen, kein Gleiten ist, sondern sich durch die inneren Verschiebungen und Drehungen auszeichnet, kann dieses Resultat erzeugen.

Steingehalt der Lawine. Fast alle Beschreibungen von den im Beobachten nicht Geübten erzählten von den „turmhohen Haufen von Steinen, Erde und Eis.“ Viele, welche die Spitalmatte besucht haben, sahen fast nur Erde und Steinhaufen, und nur einzelne Eisklötze und Schneehaufen dazwischen. Die Sache verhält sich nämlich so, dass der Steinstaub beim Abschmelzen an der Oberfläche sich rasch ansammelt und häuft und alles dunkel und steinartig färbt. Mancher der „ungeheuren Felsblöcke“ war aber nur ein Stück Eiskonglomerat, auswendig von Steinstaub und Schmutz überzogen.

Der Gehalt unseres Eiskonglomerates an Steinen ist im Ganzen glücklicherweise sehr gering. Er ist verschieden in verschiedenen Teilen. Am reichsten an Steinschutt sind die seitlichen Zonen der Lawine, während der mittlere Hauptstrich steinärmer ist und schon aus der Entfernung heller erscheint. Auf der Karte, sowie auf Taf. II, Fig. 3 ist dies dadurch angedeutet, dass der mittlere Strich rein blau gezeichnet ist, während die seitlichen dunkleren Partieen etwas grau schattiert sind. Bei der Strömung durch die Sturzbahn hatten die randlichen Fluidalstreifen viel mehr Gelegenheit, Steinschutt, besonders Trümmer von Schutthalden und Moränen, aufzunehmen, als der mittlere. In der grossen Hauptmasse der Eislawine, besonders im Mittelstrich und in den doppelt gehäuften Massen gegen den Ueschinengrat hin, findet man nur wenige und nur kleine Steinchen eingeschlossen. Alle, die ich näher angesehen habe, sind eckig, an keinem fand ich Gletscherschrammen. Prof. Brückner hingegen hat einzelne gerundete Steine mit Gletscherschrammen unfern nördlich der ehemaligen Quellbachbrücke und andere weiter westlich oben gefunden, aber „nicht viele“. Ganz kleine Splitterchen sind am häufigsten. Der gesamte Steingehalt der Lawine beträgt gewiss im Durchschnitt nicht über 1 bis 2 % und in manchen Strichen erreicht er kaum 1 ‰.

Wo die Lawine steinreicher wird, wird sie auch zugleich im Eismehl schmutziger, reicher an Steinstaub oder Steinmehl. Aber auch da ist der Steingehalt nicht gross. Der schmutzigste Teil der ganzen Lawine ist der sogenannte Rückstrom (s. unten und Taf. II, Fig. 3 *e*). Er sah schon am dritten Tage fast ganz schwarz aus. Allein man findet doch nur hie und da einen ordentlichen Felsblock darin und

nur selten einen solchen von ½ m Durchmesser. Den gesamten Steingehalt könnte ich in keiner Partie der Lawine auf mehr als 3 bis 4 % des Volumens schätzen.

Die Eisgerölle an der Oberfläche. Während der Steinstaub, die erdigen Teilchen, kleinsten Steinchen und sandartigen Partikelchen am Eismehl haften und in seinen Poren stecken, sind hingegen die in der Masse abgeriebenen Gletschereisblöcke ganz rein und erscheinen deshalb an der Oberfläche oft recht auffallend als weisse Kugeln, die aus der schmutzigen Masse vorragen, oder gar auf derselben aufliegen, als wären sie nachher darüber gestreut. Je mehr das Eiskonglomerat zusammensinterte, je mehr die Oberfläche an den folgenden heissen Tagen abschmolz, desto auffälliger ragten die grösseren Gletschereisstücke vor. Das dunkelschmutzige und poröse Eismehl und die porösen, beschmutzten Firneisstücklein schmolzen rascher zurück, das klare, kompakte Gletschereis widerstand besser. Nach wenigen Tagen bildeten die grösseren Gletschereiskugeln zu Tausenden an Hutpilze erinnernde „Gletschertische“ auf der Oberfläche der Lawine und ebenso über dem Eisstaub der Spritzzone. Manche der kopfgrossen Kugeln standen auf decimeterhohen, durch ihren Schatten geschützten dünnen Säulchen, bis sie herunterkollerten und aufs Neue „tischten“. Auch bei grösseren Lawinen sieht man nicht selten, dass vereiste Stücke an der Oberfläche des Schnee's „Tische“ bilden (Ing. Held).

Bei näherer Prüfung war ganz deutlich, dass die blendendweissen Kugeln auf der schmutzigen, höckerigen Fläche nicht etwa eine Besonderheit der Oberfläche waren; wo immer man die Lawine aufhackte, fand man diese weniger schmutzig und reich an ganz gleichen Gletschereisgeröllen. Für den grössten Teil der Lawinenoberfläche erklärt sich die Bestreuung mit isolierten weissen Kugeln durch das Zusammenwirken von zwei Faktoren: Der vom Strome mitgerissene Windschlag hat an dessen Oberfläche vielen Eisstaub ausgeblasen und dadurch die eingeschlossenen Eisgerölle blossgelegt. Sodann wurde die Wirkung bald dadurch vermehrt, dass der poröse Eisstaub viel rascher durch Abschmelzung schwand, die Eiskugeln aber besser widerstanden.

Abschmelzung der Lawine. Im Verlaufe der ersten Woche nach dem Sturze hatten nach Reichen Abschmelzung und Setzen (Sintern) die Lawine wohl schon 1½ m niedriger gemacht, in drei Wochen nach S. Ogi stellenweise auf die halbe Dicke erniedrigt.

In der Höhe der Lawine, bei 1800 bis 2000 m über Meer, kann in einem einzigen ziemlich warmen Sommer eine Eisschicht von 5 m wegschmelzen. Es wird somit vermutlich die ganze Lawine bis auf wenige besonders dicke Stellen im Laufe von zwei Jahren weggeschmolzen sein.

Ist dies geschehen, so wird die Alpfläche mit einer Schichte feinen Schuttes bedeckt und mit kleinen Steinen überstreut sein, die der Rasen wieder überwächst.

Ein Teil der Pflanzenstöcke des Untergrundes wird nicht abgestorben sein. Nur in einzelnen Teilen werden zahlreichere grössere Steintrümmer zerstreut liegen, ohne irgendwo als Felstrümmerschicht den Boden zu bedecken. Durch Zusammenhäufen oder Verwendung zu Mauern der Bachwuhrung wird die Alpe relativ leicht wieder zu säubern sein und sich nach mehreren Jahren als Weidefläche erholt haben. Ansaat von Wundklee (Anthyllis Vulneraria) dürfte nach Prof. Schröter das beste Mittel sein, die Begrünung zu beschleunigen.

Besondere Einschlüsse. Es sind noch Einschlussmassen besonderer Art anzuführen, welche in dem Eiskonglomerat gelegentlich angetroffen werden.

An einer Stelle, ein Stück weit oberhalb *c* (Taf. II, Fig. 1 u. 3, oder Karte) gruben wir aus dem dort sehr sauberen Eiskonglomerat einige ganz zerriebene Fetzen von Muskelfleisch eines Rindes, an einer wenig davon entfernten anderen Stelle einige Fetzen von dem Magen und den Gedärmen einer Kuh heraus. Diese Tierreste lagen ganz isoliert im Eiskonglomerat eingebettet, keine Knochen dabei. Noch höher oben, in der mit *h* (Taf. II, Fig. 1 und 3 und Karte) bezeichneten Partie, steckte ein behauener Balken, der wohl nur von der vor 3 Jahren gebauten Hütte stammen konnte, die ungefähr zwischen *c* und *d* gelegen hat. Acht bis zehn Stück wohl 3 bis 4 m langer und 25 cm dicker ähnlicher Balken, von derselben Hütte stammend, liegen mit angekleistertem Eiskonglomerat bei 2180 m am Ueschinengrat (Taf. I, Fig. 2), das ist 120 m über ihrem ursprünglichen Standort (D. P.). Nicht selten trifft man die Wurzeln von Rumex im Eiskonglomerat. Diese in weichem Boden wachsende Pflanze sitzt sehr wenig fest und war leicht ausschürfbar. Manches wird beim Abschmelzen allmählich zum Vorschein kommen.

Brückner, der acht Tage später zur Stelle kam, zählt schon mehr auf. Er fand in dem Eiskonglomerat: Geschälte, zerquetschte und zerriebene Stücke von Legföhren, kleine Teile von Rindern, ein Stück Magen mit Zotten, andere Teile von Eingeweiden, einen Huf mit Fussansatz, einen Teil einer Schnauze, Stücke Fleisch mit Haut etc.

Im Ganzen sind die fremdartigen Einschlüsse im Eiskonglomerat auffallend spärlich. Gewiss werden beim Abschmelzen die noch fehlenden ca. 100 Stück Vieh, wahrscheinlich aber meistens in ganz zerriebenem Zustande, zum Vorschein kommen. Die Eislawine enthält aber offenbar fast gar keine Rasenfetzen, wenig abgerissene Büsche, fast keinen eingerissenen Humusboden. Sie hat den Untergrund nicht aufgeschürft und eingeschleppt, sondern denselben nur überfahren und überdeckt. Am Rande der Eislawine, sowie besonders an denjenigen Stellen, wo die Lawine nachträglich wieder weggerutscht ist (*c* und *d* in Karte und Taf. II, Fig. 1 und 3), sieht man direkt, dass sie in der Regel den Rasenboden nicht verletzt, nur dessen Halme parallel in ihre Bewegungsrichtung gekämmt hat. Sie hat nicht als Pflugschar gewirkt, hat höchstens einzelne stark vorragende Rasenbuckel abgeschürft.

Die Lagerung der Lawine. Die Lagerung der Lawine ist am besten aus unseren Bildern zu übersehen. Im grossen Ganzen liegt sie als eine unerwartet gleichförmige Schicht auf dem in der Strömungsrichtung vom Fusse der Tatelen wieder erst sanft, dann steiler ansteigenden Boden der Spitalmatte ausgebreitet. Die Lawine hat also nicht etwa die Thalrinne abgesperrt, sie hat die Thalform nicht wesentlich verändert, sie hat sie nur überkleistert. Das Thal ist heute am tiefsten da, wo früher, und steigt an, wo früher. Der Schwarzbach erfuhr weder grosse Stauung noch Ablenkung. Ueberall, wo sich die Möglichkeit bietet, die Dicke des aufgelagerten Eiskonglomerates zu messen oder zu schätzen, liegt sie zwischen 3 und 7 m, meistens beträgt sie 4 bis 5 m. Nachdem der Lawinenstrom den Thalboden erreicht hatte, ergoss er sich am jenseitigen Abhang in die Höhe. Da die Stromrichtung genau senkrecht auf die gegenüberliegende Wand gerichtet war, erlitt die Lawine dabei keine seitliche Ablenkung, sondern nur etwas fächerige Ausbreitung, symmetrisch nach beiden Seiten von der Mittellinie des Stromstriches aus. Schöne, regelmässige Fluidalstreifen (Taf. II, Fig. 3) liessen noch in der festgelagerten Lawine die abgelaufene Bewegung leicht überschauen. Die Fluidalstreifen gehen sanft fächerförmig gleichmässig auseinander in majestätisch ruhigen Linien, die überwältigend zeigen, dass die chaotische Verwirrung, die uns im Einzelnen entgegentritt, von grossen Gesetzen beherrscht wird.

Nur zwei oder drei besondere Erscheinungen bringen etwas Variation in die Gestalt der sonst so gleichmässigen fächerförmigen Lawinendecke, dies sind die Brandungswelle, die Rückströme und die Nachhutströme.

Brandungswelle. Die Lawine hatte reichlich Ueberschuss an lebendiger Kraft, um, wenn ihrer Sturzbahn gegenüber ein ebenes Thal gelegen hätte, stundenweit in dasselbe hinauszufahren. Allein quer vor der Sturzbahn erhebt sich der Ueschinengrat als eine Wand, die an der niedrigsten Stelle 400 m über die Thalfurche emporsteigt. An dieser Wand musste die Lawine hinaufbranden. Sie erreichte die Wasserscheide als geschlossener Eistrümmerstrom nicht mehr, schlug aber bis wenigstens 320 m hoch über den Thalboden an dieselbe hinauf und bekleisterte die ganze Wand mit Eiskonglomerat (Taf. II, Fig. 3). Die Wand ist aber viel zu steil, als dass die Lawine hier hätte stehen können. So stürzte die Brandungswelle auf den Lawinenstrom zurück und blieb hier als zurückgeworfene Brandungswelle stehen, ganz in der gleichen Art, wie wir dies auch an grossen Bergstürzen beobachten.*) Man sieht ihr sozusagen die schaumige Beschaffenheit noch an, die ihrer Entstehung als Brandungswelle entspricht (*h h* in Karte, Profil und Ansichten). Hier ist das Eiskonglomerat lockerer und höckeriger ge-

*) Vergl. z. B. Heim, Der diluviale Bergsturz vom Glärnisch-Guppen. Vierteljahrsschrift der Zürcher. naturf. Ges., Bd. XL, 1895.

lagert als anderswo. Es war am 13. Sept. kaum zu begehen. Die Fluidalstreifen des festeren unteren Lawinenteiles gehen darunter hinein, der weit weniger geordnete Haufe erscheint rücklings darübergeworfen. Er kehrt seine zackige Steilfront gegen die Sturzbahn hin. Hier ist das Eiskonglomerat doppelt gelagert, hier ist zugleich auch die normale Lawine am dicksten. Ich schätzte an der zurückgefallenen Brandungswelle das Eiskonglomerat im Ganzen stellenweise auf 15 m Mächtigkeit als Maximum. An dem Ueschinengrat klebten, wo immer sich etwas Halt bot, 2 bis 3 m dicke Pflaster von Eiskonglomerat. Ununterbrochen rieselten von dort an den sonnigen Tagen des 13. bis 16. Sept. Teile desselben in die Vertiefung zwischen Ueschinengrat und Brandungswelle zurück. Zuletzt erkannte man die Ausdehnung der Brandung am Ueschinengrate nur noch an der dunkeln Farbe des genässten Felsens und Schmutzes, so dass die ursprünglich weissen Flecken sich jetzt dunkel vom übrigen Felsen und Felsschutt abhoben.

Im Gebiete des an den Ueschinengrat angekleisterten Eiskonglomerates lagen eine Anzahl tote Kühe und das tote Maultier des Schwarenbachwirtes, das nahe bei der Neuhütte gestanden hatte. Allein diese Tiere lagen oben auf, sie staken nicht im Eiskonglomerat, sie gehörten in die Spritzzone und sind bloss auf dem steilen Gehänge an ihren jetzigen Standort zurückgefallen.

Rückströme. Eine zweite Unregelmässigkeit in der Lagerung der Lawine ist dadurch zu stande gekommen, dass schon zwischen Schwarzbach und Gemmiweg einerseits, Fuss des Ueschinengrates andererseits der Untergrund etwas steiler ansteigt. Auch hier vermochte sich an manchen Stellen die Lawine, nachdem sie darüber einheitlich hinaufgefahren war, wohl keine Minute stille stehend zu halten. In der Lawine selbst entstunden bei ca. 1950 m Meerhöhe, das ist ca. 100 m über dem Thalgrunde, sofort Abrisse, von denen aus rückwärts gehende Eistrümmerströme sich entwickelten, während unter dem Abriss der Rasenboden fast unverletzt, nur etwas kotig und gekämmt, wieder zu Tage trat. Solche Stellen sind besonders *c* und *d*, dann noch kleinere zwischenliegende. Bei *c* häufte sich der Rückstrom gleich am Fusse der Steilböschung in lockeren Wülsten an, ganz von der Gestalt, wie wir sie bei Hunderten von Schuttrutschungen und kleinen Schneerutschungen im Gebirge sehen. Aehnlich bei den kleinen nördlicheren Stellen (Taf. II, Fig. 3). Bei *d* aber gewann die rückwärtsgehende Abrutschung etwas grössere Dimensionen und die Gestaltung der Unterlage ermöglichte hier die Ausbildung eines ausgezeichneten Rückstromes. Die senkrechten Abrissränder bei *c* wie bei *d* weisen stets die 4 bis 5 m und 5½ m betragende Dicke des Eiskonglomerates.

Der nördliche, aus *d* sich entwickelnde Rückstrom *e* hat vom Abrissrand bis zur Stromspitze fast 700 m Länge erreicht und sieht ganz aus wie ein kleiner Gletscher oder Schuttrutschungsstrom. Längs seinem ganzen Nordrande hat er

einen hohen moränenförmigen, scharfen Uferwall stehen gelassen, ganz von der Art, wie man dies bei Lavaströmen, Eisgängen, Grundlawinen, Schuttströmen oft sieht. Der höhere Seitenwall war der Stromrand beim höchsten Stande. Als dann der Strom ohne entsprechenden Nachschub sich weiter bewegte, da musste er sich in den hinteren Teilen senken wie ein im Wasserstande fallender Fluss. Die Ränder aber, die schon auf dem Ufer festsassen, sanken nicht mit, sondern blieben liegen. An einigen Stellen ist der aus schmutzigen Eistrümmern locker getürmte Uferwall doppelt und dreifach (Dr. L. Wehrli). In frischem Zustande war er nicht zu überschreiten.

Am rechten Ufer des Rückstromes haben sich seine Randmassen zum Teil an einer höheren Terrasse *f* gestaut und festgesetzt. Sie mussten sich dadurch von dem übrigen Strom abscheeren, der dann an den Scheerklüften vorbeiglitt und dieselben mit ausgezeichneten Rutschstreifen furchte. Die rechte Wand der Scheerkluft wurde dann durch das Abfliessen und Sinken des Rückstromes für die Beobachtung sehr schön blossgelegt (Taf. II, Fig. 3, doch ist hier die gestreifte Gleitfläche nicht zu sehen). Auch diese Erscheinung ist wieder reich an Analogieen bei allen nicht wirklich flüssigen und doch fliessenden Massen. Wo Grundlawinen seitlich Reste liegen lassen, findet man dieselben meistens, wenn sie noch frisch sind, durch streifige Scheerflächen oder Gleitflächen begrenzt. In den Grundlawinen entstehen überhaupt sehr leicht solche innere scheerende Verschiebungsflächen, durch welche rascher bewegte Teile von gehinderten sich trennen. Massenhaft treten die Scheerklüfte in den randlichen Regionen von Rutschungen lehmigen Schuttes auf. Von staunenswerter Regelmässigkeit erscheint ein oft kilometerweit sich fast geradlinig hinziehender, scheerender Schnitt in den Randpartien von den Eisgängen der Flüsse. Er trennt die am Ufer gehinderten Eiskonglomeratmassen ab von den rascher sich bewegenden der Mittelregion und weist oft die schönsten Rutschstreifen und Rutschpolituren auf (Taf. III, Fig. 4).

Noch an manchen anderen Stellen in der Lawine auf der Spitalmatte waren kleinere oder grössere scheerende Verschiebungen mit inneren Rutschflächen zu sehen.

Unser Rückstrom (*e* der Karte und der Abbildungen) hat deutliche Randklüfte in der Richtung der Maximaldrucklinien und Wülste in derjenigen der Maximalzuglinien wie ein Gletscher.*) Er fliesst gegen Osten zurück und kommt hier sofort ausserhalb das Gebiet der primär gelagerten Lawine. Er überquert an dem Schluchtanfang bei Stierenegg, dem sogenannten „Schopf", den Gemmiweg und hat hier wohl 8—10 m Dicke. Sein Ende steigt hinab in den Schwarzbach, füllt dessen tiefe Rinne aus und drängt sich am jenseitigen Bachbord noch in einigen scharfen Zacken empor. Mit dem Unterfressen durch den Schwarzbach sank der Rückstrom

*) Heim, Gletscherkunde S. 191—196.

hier ein; hier wie oberhalb des verschütteten Weges war er stellenweise in Türme und Seracs sonderbarster Gestalten zerrissen, von denen man von Zeit zu Zeit einzelne einstürzen sah. Manche Partien des Rückstromes waren am 11. Sept. und in den ersten Tagen nachher durchaus nicht zu betreten.

Wenn man von Kandersteg heraufsteigend den schwarzschmutzigen Rückstrom auf seiner, wohl 150 m betragenden Breite überschritten hatte, gelangte man wieder auf ca. 250 m Länge zu einem nicht zugedeckten, bloss überspritzten Stück Gemmiweg und dann erst an die breite Hauptlawine. Dieses Stück (*f* unserer bildlichen Darstellungen) hat im Publikum grosse Verwunderung hervorgerufen, weil dasselbe dahin gedeutet worden war, es sei von der Lawine durch Uebersprungen so merkwürdig verschont worden. Allein dem ist nicht so. Das Stück *f* lag seitlich des grossen Lawinensturzes, und es ist nicht übersprungen, sondern umflossen worden durch den eine Bewegungsumkehr bedeutenden Rückstrom.

Verhältnis zum Bach. Dass durch die Lawine der Bach nicht gesperrt wurde, hat mehrere Gründe. Zunächst kann eine Masse von 100 m Geschwindigkeit in der Sekunde unmöglich am Fusse der Wand plötzlich stehen bleiben. Sie kann erst stehen bleiben, wenn die ihr innewohnende, durch den Fall gewonnene lebendige Kraft durch Widerstände allmählich aufgezehrt ist. Sie geht also jedenfalls weiter und bleibt am Fusse der Wand nur in ihrer Nachhut in dünner Lage stehen. Wir beobachten die gleiche Erscheinung bei allen grossen Bergstürzen (Elm etc.).

Dann aber sehen wir, dass glücklicherweise überhaupt Grundlawinen sehr selten Bäche stauen. Der Bach unten steht weit über 0°, der Boden ebenso, die stürzende Lawine hat meistens Schmelztemperatur. Das war wohl auch bei der Altelslawine der Fall. Es sind also die Bedingungen für eine sofortige Unterschmelzung gegeben, die rascher zu Stande kommt als die Stauung.

Am Fusse des mittleren Felsvorsprunges des Gehänges unter Tatelen hat sich ein kleiner ungefährlicher Stausee gebildet. Er scheint durch zwei Umstände veranlasst worden zu sein. Die Stelle, welche der See einnimmt, ist thatsächlich von der Lawine überflogen worden, und die dahinter liegende Felsecke mit dem sie bedeckenden Rasen ist frei von Eisschutt. Dann aber hat vielleicht noch die Ausbildung des Nachhutkegels *i* dabei mitgewirkt. Schon am 11. Sept. fand der Bach seinen Weg unter der Lawine, am 19. Sept. waren alle Stauwasser abgeflossen (Dr. Swerinzeff).

Nachhutströme. Aus der Felsschlucht unter Tatelen wächst ein Lawinenkörper (*i* unserer bildlichen Darstellungen) heraus, der zwar aus dem gleichen Material mit gleicher Struktur besteht wie die Hauptlawine, aber ausgeprägte Lawinenkegelgestalt hat und so rein weiss ist, wie nur die besten Mittelpartien der grossen Lawine. Dieser Kegel verbreitet sich über eine kleine Terrasse auf ca. 250 m hinaus und sendet von derselben einen ganz kleinen Seitenarm an den

Schwarzbach hinab. Er zeigt ausserdem einen wohl 6—8 m mächtigen zackigen Stirnrand, hat schöne innere Gleitflächen, die kurz vor seinem Stillstand erzeugt worden sind und bildet überhaupt recht auffällige, selbständige Gestalten. Er ist der grossen Lawine aufgesetzt und dem Terrain angeschmiegt in einer Weise, welche sofort erkennen lässt, dass er nicht der grossen Bewegung angehörte, sondern ein selbständiger Nachzügler war. Ein kleinerer, aber ganz ähnlicher Lawinenkegel liegt vor der schwächeren südlicheren Rinne bei *k* unserer Bilder. Dass diese Nachzügler besonders steinfrei und sauber sind, erklärt sich daraus, dass sie durch die schon ausgefegte Bahn geflossen waren.

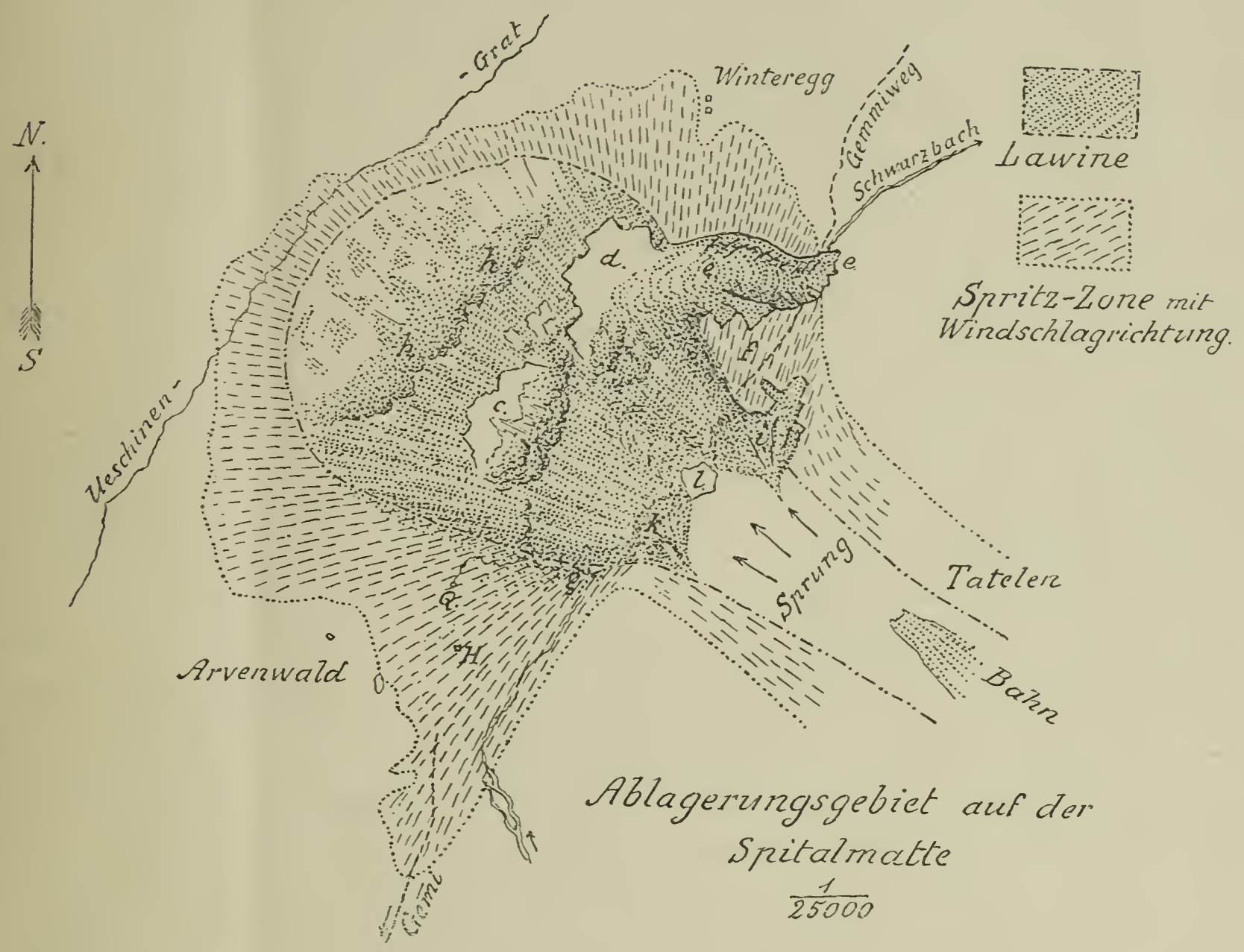
Diese Nachzügler sind jedenfalls sehr bald nach dem grossen Sturz, vielleicht unmittelbar hinter demselben gekommen. Denn Niemand wusste von einer zweiten Lawine, die man aus der Zeit vom Morgen des Unglückstages bis zu meinem Besuche der Stelle gehört hätte, zu berichten. Damals lagen die Nachzüglerkegel schon da. Wenn sie auch im Vergleich zum Ganzen unbedeutend sind, sind sie doch für sich genommen schon kräftige Eislawinen. Ich schätzte das Volumen des Nachhutkegels *i*, der *k* wohl um das dreifache übertrifft, auf über 200 000 m³.

Maasse der Lawine. Nachdem wir die Lagerung der Eiskonglomeratlawine, ihre zurückgefallene Brandungswelle, ihre Rückströme und die Nachhutströme kennen gelernt haben, erübrigt es noch, deren Maasse zu geben.

Die gesamte primär von der Lawine überflutete Fläche ohne Rücksicht auf Brandungsrückschlag und Rückströme hat eine sehr regelmässige, zu der Strommittellinie beiderseits symmetrische, an ein etwas ausgebreitetes Gletscherende erinnernde Grundrissform. Die Länge im Stromstrich vom Fuss der Felswand beim Stausee bis an den Brandungsrand am Ueschinengrat, also in fast genau NW-Richtung im Grundriss gemessen, beträgt 1080 m. Die Breite am Fuss der Sturzbahn ist 515 m, die grösste Breite erreicht 950 m. Die Lawine hat also ihren grössten Durchmesser trotz der Thalform in der verlängerten Linie der Sturzbahn. Bei der Spritzzone aber liegt der grösste Durchmesser quer. Die Grundrissfläche der Lawine beträgt ca. 900 000 m². Die Fläche des Rückstromes, soweit er ausserhalb das primäre Ueberschüttungsgebiet der grossen Lawine geflossen ist, misst noch ca. 90 000 m². Die ganze, von Eiskonglomerat überschüttete Fläche steigt auf rund 1 000 000 m², das ist 1 km².

Wir haben oben die mittlere Mächtigkeit des Eiskonglomerates auf 5 m geschätzt. Daraus ergiebt sich ein Volumen desselben von 5 000 000 m³. Bei der Zertrümmerung muss eine Lockerung und eine Volumenzunahme des Abgestürzten eingetreten sein. Dies ist zum Teil schon in dieser Zahl zu erkennen. Dieselbe wird noch merklicher, wenn wir auch noch die auf Tatelen hängen gebliebenen, eine Grundfläche von ca. 130 000 m² einnehmenden, und die in der Spritzzone verteilten Eiskonglomeratmassen hinzurechnen, was uns noch einige hunderttausend

Kubikmeter mehr ergibt. Die Messung und Berechnung des Ablagerungsgebietes führt uns somit zu voller Bestätigung der aus dem Abrissgebiete gewonnenen Zahl: Es sind ca. 4 ½ Millionen m³ Gletschereis, Firneis und Schnee in ca. 5 ½ Millionen m³ Trümmer sich auflösend zu Thale gefahren.



V. Die Spritzzone.

Rings um die Lawine befindet sich ein Streifen, auf welchem Eisgerölle und Eisstaub den Boden nicht mehr ganz geschlossen bedecken. Die Art der Eisverteilung lässt hier deutlich erkennen, dass hierher das Eiskonglomerat nicht mehr direkt geströmt, sondern hierher geblasen worden ist. Ausserdem treffen wir eine Menge von anderen Wirkungen des Windschlages in dieser Zone.

Eisstaub und Eisgerölle. Auf den ersten Blick sieht man schon aus der Entfernung die ganze Spritzzone mit tausenden von weissen, im Mittel kopfgrossen

Gletschereisgeröllen überstreut, und zwar liegen diese Gerölle am zahlreichsten nahe dem tieferen Teil der Lawine; sie werden gegen die Peripherie der Spritzzone etwas spärlicher. Nirgends liegen sie dicht. Wenn ich mich recht erinnere, so entfallen stets mehrere Quadratmeter auf ein Gerölle, oft liegt nur ca. eines auf 100 m² Bodenfläche. Dazwischen liegt am Boden, wie fest angedrückt, eine Rinde von schmutzigem Eismehl oder Eisstaub, die in Streifen geordnet bald dicker bald dünner ist, oder auch Lücken hat. Nur längs dem Südrande der Lawine, besonders in der Gegend der ehemaligen Brücke des Gemmiweges über den Quellbach (*g* der Karte und Abbildungen) wird die Masse dicker angehäuft, so dass die Grenze zwischen Lawine und Spritzzone dort verwischt ist. Weiter weg liegt der Eisstaub noch 1 ½ m, dann noch 1 m, noch ½ m, endlich auf dem weitesten Teil der Fläche nur wenige Centimeter dick. In kleinen Vertiefungen häuft sich der Eisstaub an und ebnet sie aus. Hinter kleinen Höckern ist er auf der Leeseite zu einer in der Windrichtung längsgestreckten kleinen Düne angeblasen. Jede Unebenheit des Bodens bildet sich wieder ab in einer Streifung der Eismehlkruste. Jeder Alpenrosenstrauch, jeder Juniperusbusch ist mit Eisstaub auf der Seite gegen die Lawine bekleistert und hat hinter sich, wenn er niedrig ist, eine Eisstaubdüne, oder wenn er höher ist, einen von Eisstaub freien Schutzstreifen. Grössere Unebenheiten, wie etwa ein Felskopf, Rasenhügel oder Block, ausnahmsweise auch ein starker dichter Busch, die 1 m oder höher aus dem Boden hervorragen, sind auf der Seite gegen die Lawine mit einem Mörtel von schmutzigem Eisstaub beworfen, auf der Leeseite aber ganz sauber geblieben. Von solchen Unebenheiten weg, der Lawine abgewendet, erstreckt sich auf dem dahinter liegenden flachen Boden ein langer Streifen vollständig sauberen, freien Rasens. In der Gegend der ehemaligen Spitalmatthütten bis gegen die Kantonsgrenze habe ich mehrere Beispiele der Art näher geprüft. Ein Vorsprung von 1 ½ m Höhe hielt hinter sich gegen SSW einen 26 m langen und 2 m breiten Streifen des Rasens vor dem Eisstaub, den Eisgeröllen und den Steinsplittern völlig beschützt; hinter einem 1 m hohen alten und nicht bewegten Felsblock lag ein intakter Strich von 20 m Länge. Der Rasen hinter jedem grösseren Stein war unbeworfen und ungekämmt geblieben. Die Blättchen dieser Schutzzonen waren sauber, keinerlei Bespritzen mit Schlamm war zu sehen. Auch der Rasen unter der Eismehlkruste war vollständig sauber, er wurde erst durch das Wegschmelzen derselben etwas schmutzig. Man sah sofort, dass Wasser bei der Katastrophe gar nicht im Spiel war, nur Eisstaub. Nirgends sah man den zähen Schlamm eines wasserhaltigen Stromes, wie er die Verheerungen bei Bionnassey und St-Gervais in Savoyen am 12. Juli 1892 auszeichnete.

Ferner ist der Boden selbst in der Spritzzone im Allgemeinen nicht aufgerissen, nur gekämmt, alle Rasenhalme sind parallel mit den Streifen des Eis-

staubes angedrückt. Höchstens ist hie und da ein hervorragender Rasenstock abgeschürft oder ein Steinstück hat eine Wunde in den Rasenboden geschlagen. Nirgends eine Pflugwirkung! Diese Erscheinungen sind ringsum durchaus die gleichen. Sie waren auf grösster Ausdehnung auf dem flachen Boden der Spitalmatte ausgebildet, aber auch sehr vollkommen zu beobachten am Stierenbergli und von da gegen Winteregg hinauf und auf dem vom Rückstrom abgesperrten und umflossenen Bodenstücke *f*.

Aus diesen Erscheinungen geht hervor, dass nur ein einmaliger, in seiner Richtung lokal nicht schwankender Windschlag, der nicht von oben herab, wohl aber horizontal sehr scharf dem Boden entlang fuhr, den Eisstaub der Spritzzone gebracht haben kann. Die Richtung des Windschlages ist völlig auf den Boden gezeichnet (Vergl. die blauen Striche in Karte und Abbildungen). Sie stellt sich in der Spritzzone als Fächer dar, ausgehend von einem Mittelpunkte, welcher am Fusse des Felskopfes unter Tatelen in der Gegend vor dem kleinen Stausee *l* gelegen war. Diese Radiation ist scharf ausgesprochen, sie kommt vielfach am Rande der Lawine fast senkrecht zur Bahn der letzteren gerichtet, zum Vorschein. Die Fluidalstreifen der Lawine zeichnen sich als sanfte Ausbiegungen aus der Sturzbahn. Die Streifung der Spritzzone hingegen strahlt nicht von einem Mittelpunkte in der Sturzbahn, sondern vom Fusse derselben, d. h. von derjenigen Stelle als Fluchtpunkt aus, wo die Lawine über den Felskopf von Tatelen herunter frei durch die Luft geflogen kam, die Luft unter sich zusammenquetschend. Die Luft unter der Lawine musste radial auseinander fliehen. Das Thal hat aber quer zur Sturzbahn gestellte Kanalform und die Luftflucht geschah deshalb am intensivsten in der Thalbahn, d. h. gegen SSW und gegen N. Die Terrainverhältnisse bedingten es wiederum, dass der Windschlag gegen SSW weiter reichte als gegen NW, denn in dieser Richtung ist der Thalkessel enger, gegen NW erweitert er sich rasch.

Die komprimierte, unter der Lawine radial ausweichende Luft hat an der Unterfläche der Lawine deren gelockerte Teile mit sich gerissen, sie gewissermassen von der Unterseite der stürzenden Lawine abgeblasen und radial, wie sie floh, verspritzt. Dabei musste eine Sonderung des Materiales eintreten. Das Eismehl mischte sich in den Windschlag und wurde von demselben über die ganze Spritzzone verteilt, die kompakten Eisgerölle wurden durch den Windschlag vom Eismehl freigeblasen und vereinzelt über die Fläche gestreut. Ganz ähnlich wie bei vulkanischen Eruptionen die schon vorher gebildeten Krystalle vom staubförmig sich verteilenden Magma gesäubert ausgeworfen werden, so hier die Eisgerölle frei vom Eisstaub. Kaum war die gedrückte Luft ausgewichen, so kam die Lawine selbst auf den Boden und warf ihre Flut an den Ueschinengrat hinauf. Der Windstrom, der an der Oberfläche der Lawine mitgerissen worden ist, kann nicht sehr

gross gewesen sein, jedenfalls viel kleiner als derjenige, der vorher unter der Lawine floh. Immerhin mag er über der eben in Stillstand gekommenen Lawine noch Eisstaub ausgeblasen und dadurch Eisgerölle auch oben bloss gelegt haben, wodurch auch auf der Lawine, freilich nicht entfernt so auffallend wie in der Spritzzone, diese scheinbar spätere Bestreuung mit isolierten Eiskugeln eingeleitet worden ist. Ich glaube also, die Eisgerölle auf der Lawine sind an deren Oberfläche durch den Wind freigeblasen worden, diejenigen der Spritzzone sind vorherrschend an der Unterseite, im Momente, bevor die Lawine auf den Boden aufschlug, weggeblasen worden. Die Abschmelzung und Sinterung hat nachher die Eisgerölle noch auffälliger hervortreten lassen. Das Eismaterial der Spritzzone, Eismehl wie Eisgerölle, ist also von der Lawine und zwar in der Hauptsache von ihrer Unterseite abgeblasen und aus dem Windschlag geordnet und abgesetzt worden. Bemerkenswert ist der Umstand, dass auf den durch Abrutschung der Rückströme frei gewordenen Bodenstücken *c* und *d* keine Spritzwirkungen zu erkennen sind. Es beweist das, dass diese letzteren nicht im Gefolge der Lawine sich geltend machten, sondern derselben eher vorangegangen sind — vorausgesetzt wenigstens, dass die Rückströme sich augenblicklich entwickelt haben.

Die scharfe Begrenzung der Spritzzone fällt an vielen Stellen auf. Oft kann man ihren Rand, ihr Aufhören nach Aussen auf wenige Meter genau angeben. Dies ist erklärlich. Mit der radialen Ausbreitung der weggeschlagenen Luft wurde rasch der Querschnitt ihres Weges grösser, sie konnte zudem seitlich der Lawine auch nach oben ausweichen, und mächtige, randliche Eisstaubwirbel mögen sich über die Lawine erhoben haben. Mit dem grösseren Querschnitt der Bewegungsbahn musste aber sehr rasch auch die Geschwindigkeit und die Wirkung abnehmen.

Von dem Windschlag, der den Eisstaub in scharfen Streifen anpeitschte, der Hütten, Menschen und Vieh schleuderte und die Bäume warf, ist selbstverständlich eine wirbelnde weniger gepresste Luftbewegung zu unterscheiden, welche teils als Ausläufer des scharfen Windschlages entstanden ist und nicht so schnell zur Ruhe kam, teilweise schon in der Sturzbahn durch Mitreissen der Luft an der Oberfläche der Lawine sich entwickelt hatte. Sie riss feinen Eisstaub in Wolkengestalt mit und bepuderte weit über die Grenze der Spritzzone hinaus das Land, thalaus bis an die Kehren des Gemmiweges ob Kandersteg und hinüber in das Ueschinenthal. Alles sah erst aus wie im Winter. Aber nach kürzester Zeit schmolz dieser feine Eisstaub durch die Bodenwärme zusammen.

Der Eisstaub der Spritzzone war zuerst auch weiss. Durch rasches zusammensintern und teilweises Schmelzen wurde er trüber. Steinmehl und Erde, die fein beigemengt waren, häuften sich an der Abschmelzungsoberfläche aus der abgeschmolzenen Schicht an. Schon am 13. September war der Eisstaub grau, oft fast

von der Farbe des Bodens. Zwei Tage später war er schon zum grösseren Teile weggeschmolzen.

Steingehalt der Spritzzone. Die Spritzzone hat auch einen gewissen Steingehalt. Dieser ist kleiner, als es auf den ersten Blick den Anschein hat. Mancher grosse Stein, der schon vor dem Sturz an der Stelle lag, ist von den Besuchern der Unglücksstätte irrtümlich als von der Lawine hingeschleudert angesehen worden. Die Steinstücke in der Spritzzone sind vorherrschend ganz kleine Splitterchen und feines Steinmehl. Steinstücke von Faustgrösse sind im weiteren Teil der Spritzzone schon die Ausnahme. In einigen Strichen aber enthält die Spritzzone entschieden mehr Steine als die Lawine, vielleicht deshalb, weil ihr Material von der Unterfläche und den Randpartieen der Lawine stammt. So liegen Steinstücke von 1—5 dm Durchmesser zu hunderten gerade auf dem flachen Boden von der ehemaligen Quellbachbrücke gegen die Hütten hinaus. Auch das umflossene Bodenstück *f* ist reichlich steinbesäet. Gegen Winteregg hingegen ist der Steingehalt der Spritzzone wieder ganz gering. Die Steinstücke der Spritzzone sind eckige Brocken von Malmkalk. Ich fand unter denselben kein Stück mit Gletscherschrammen, auch meine Kollegen nicht.

Andere Wirkungen. Die Hütten von der Spitalmatte waren bis auf den Grund in einzelne Balken und Bretter aufgelöst und auf einen Strich von 100—150 m Länge gegen SW an den Hügeln hinauf zerstreut, vermischt mit Eisstaub, Schmutz und Körperteilen. Die Käslaibe, das ganze Produkt des Sommers, sowie die Butterstöcke, Gefässe und Werkzeuge lagen in der gleichen Richtung. Etwa zwischen *c* und *d* unserer Karte stand eine vor drei Jahren erbaute neue Hütte. Einige behauene Balken derselben fand ich in der zurückgeworfenen Brandung, andere dazu gehörige fand Du Pasquier am Ueschinengrat bei 2180 m Höhe. Nur durch Windschlag verworfen sind viele kleine Gesteinssplitter, ein Malmkalkstück von 700—800 Gramm Gewicht, ein Holzstück von ½ m Länge und 5 cm Dicke, welche Du Pasquier auf dem Ueschinengrate bei 2345 m, 440 m über dem Thalboden fand, sowie Holzstücke, Schindeln, Eisstaub und Eisgerölle, welche unweit jenseits des Grates in der Ueschinenalp lagen (Mitteilung von Oberwegmeister Reichen). Die Behauptung hingegen, ein Kalb sei hinüber geworfen worden, erwies sich als unrichtig. Einige Pfähle von 2 m Länge und 0,25 m Durchmesser fanden sich etwa 500 m durch die Spritzzone von ihrem ursprünglichen Standorte über die Spitalmattebene weggeworfen (Angabe von Führer S. Ogi).

Die Wuhrbalken am Schwarzbach, welche mit Bachgeröllen beschwert waren, wurden samt denselben 20—100 m weit zurückgeworfen. Das fest gebaute Brücklein des Gemmiweges über den Quellbach (bei *g*) kam noch eben an den Rand der Lawine. Es wurde samt dem steinernen Widerlager nach Südwesten geworfen. Südlich davon lief der Weg auf einem ca. 80 cm hohen Damm durch den torfigen

Grund. Der Damm wurde weggefegt, die gehauenen Bord-Steine weit gegen Südwesten getrieben, der Torfboden zum Teil ausgeblasen und in Fetzen aufwärts zerstreut (Reichen). Auch die Eislawine enthielt an ihrem Rande Fetzen von Torf (Forel). Vom Rand der Lawine weiter entfernt sind die Wegrandsteine hingegen unversehrt sitzen geblieben. Eine Steinmauer, welche etwa 19000 m² der Alpweide einzäunte, und ca. 1 m Höhe hatte, ist vollständig zerstört worden (Ing. Zen-Ruffinen). Das kleine Seelein zunächst hinter den Hütten war dies Jahr zusammengeschwunden. Es wurde gänzlich ausgeblasen. Tote Frösche und ein halb toter Triton alpestris lagen am südwestlichen Hügel 10—20 m höher.

Alle diese Verschiebungen in der Spritzzone weisen auf die genau gleiche Bewegungsrichtung an jeder Stelle hin, wie dieselbe auch aus den Eisstaubstreifen hervorgieng. Besonderer Beachtung wert sind noch die Tierleichen und der Waldwurf.

Tierleichen. Im Herbste dieses Jahres sind im Ganzen etwa 40 Tierleichen sichtbar geworden. Die Mehrzahl der getöteten Tiere liegt offenbar unter der Lawine oder dann nahe an deren Rande, wo das mächtiger gelagerte Eismehl der Spritzzone sie noch vergraben hält. Von den sichtbaren Tierleichen lagen etwa 8 Stück in der Nähe des Seeleins hinter den Hütten, eine ganze Anzahl am Ueschinengrat auf den Geröll- und Eislawinenhalden meist unter dem unteren der beiden Felsbänder, oder am Fuss der Geröllhalde zwischen dem Berghang und der zurückgeworfenen Brandungswelle. Von Tierleichen, die ich sehen konnte, war nur eine wirklich völlig zerfetzt, mehrere andere tötlich verletzt, z. B. durch Schädelbruch, Wirbelsäulenbruch. Die Mehrzahl hatte keine an sich tötlichen Verletzungen, nur z. B. sehr häufig die Hörner abgeschlagen und die Hornzapfen blutig, ein oder mehrere Beine gebrochen. Viele waren vollständig unverletzt. Es waren zumeist gut genährte Rinder und junge Kühe, meistens Fleckvieh. Die sämtlichen Tiere in der Spritzzone lagen ganz frei obenauf und waren sauber, weder mit Erde noch mit Eisstaub beschmutzt. Vielleicht ist der letztere durch die Körperwärme gleich wieder abgeschmolzen. Die sämtlichen total unverletzten Tiere, sowie auch die leichtverletzten, lagen in absolut passiven, unbequemen, zum Teil entsetzlich verdrehten Stellungen, in welchen sie keinen Augenblick verharrt wären, wenn ihnen noch eine Spur Leben innegewohnt hätte im Momente, da sie an diese Stelle und in diese Stellung gekommen sind. Man muss aus diesen Stellungen den Schluss ziehen, dass die sämtlichen Tiere kaum einen Todeskampf zu bestehen hatten und tot waren, bevor sie liegen blieben. Das Gleiche gilt gewiss auch von den Menschen. Die Todesursache kann wohl nur in der Erschütterung, dem sogenannten „Shock“, liegen, welche sie durch den Windschlag oder die plötzliche Luftkompression, die denselben erzeugt hat, erfahren haben.

Herr Prof. Dr. v. Monakow schreibt mir hierüber: „Der „Shock“ ist eine

rasch eintretende Einstellung der Funktionen des Gehirnes und Rückenmarks, bedingt durch den unmittelbaren mechanischen Effekt, d. h. durch Erschütterung. Dabei ist eine nachweisbare Laesion (Blutung oder Zerreissung des Gewebes) nicht notwendig. Man erklärt sich diese Erscheinung durch Erschütterung der feinsten Teilchen in den Ganglienzellen oder durch Reflexlähmung der Gefässnerven, hervorgerufen durch übermässig starke Reizung sensibler Nerven. Es wäre jedenfalls nicht von der Hand zu weisen, dass auch bei den Tieren am Altelssturz durch rein mechanische Wirkung des starken Luftdruckes reflektorisch ein plötzlicher Herzstillstand eingetreten ist."

Die Rinder in der Spritzzone sind nicht von der Lawine selbst erreicht worden. Diejenigen, die am Ueschinengrate lagen, müssen sich vorher grösstenteils im Gebiete der neuen Hütte aufgehalten haben. Dort stand auch der Esel des Schwarenbachwirtes, der ebenfalls am Ueschinengrat tot gefunden worden ist (Reichen). Aber auch diese Tiere sind, wie ich selbst gesehen habe, zum grössten Teile nicht in Eiskonglomerat gebettet, sondern liegen frei oben auf, da, wo die Brandung der Lawine aufgeschlagen hat. Es ist dies nur erklärlich, wenn man annimmt, dass sie vom Windschlag unter der Lawine herausgeworfen und an den Grat vor derselben hinaufgeschleudert wurden, dass sie dort wegen der Steilheit des Gehänges nicht liegen bleiben konnten und hinter der zurückfallenden Brandungswelle teilweise herabgekollert sind. Manche waren mit Eiskonglomerat oder Eisstaub zugekleistert und festgehalten und rollten dann in den nachfolgenden Tagen, da sie ausschmolzen, an den Fuss des Gehänges zurück (Reichen). Jedenfalls ergiebt sich für manche der Tiere eine Wurfdistanz von 500 bis 1000 m und eine Wurfhöhe von 250 bis 350 m. Sie flogen vor der Lawine her wie die Herbstblätter vor dem Sturme.

Nach der Formel für den Winddruck lässt sich berechnen, dass eine Windgeschwindigkeit von mindestens 40 m notwendig ist, um ein kleineres Rind zuwerfen und zu schleifen, und dass mindestens 50 bis 60 m Windgeschwindigkeit vorhanden gewesen sein muss, um die grösseren Tiere durch die Luft zu tragen.

Einzelne der toten Rinder wurden später zum Teil enthäutet, dann vergraben. Gewiss hätte man auch das Fleisch vieler derselben noch sehr wohl benützen können. Allein es besteht bei den Bewohnern der Gegend ein tiefer Widerwille gegen ein verunglücktes Tier, dessen Blut im Körper erstarrt ist.

Waldwurf. In ausgezeichnet klarer Weise machte sich der Windschlag geltend an Sträuchern und Waldbäumen. Im ganzen Gebiet der Spritzzone findet man Rasenteppiche von Dryas octopetala, Silene acaulis, Azalea procumbens u. dergln. von den Felsen, über die sie sich verbreitet haben, abgehoben und umgelegt in der Windrichtung, aber nicht weggerissen. Juniperussträucher, die dem Winde mehr Angriffsfläche boten, sind geworfen, teilweise ausgerissen und die Wurzel-

stöcke gegen den Wind gekehrt. Das entstandene Erdloch ist mit Eisstaub gefüllt. Die Bäume endlich, meistens Arven und Lärchen, welche auf den Hügeln im südwestlichen Teil der Spitalmatte einen herrlichen alten Bestand gebildet hatten, sind niedergelegt in parallelen Reihen von grösster Regelmässigkeit. Im südlichsten Teil des Arvenwaldes sind die Gipfel der liegenden Bäume gegen SSW, im mittleren gegen SW, im nördlichen gegen W und am Stierenbergli gegen Nord gerichtet. Die Richtungen konvergieren alle mit dem Wurzelende nach dem gleichen Fleck hin, von welchem aus auch die Eisstaubstreifen gehen, sie nehmen also Teil an der gleichen fächerförmigen Anordnung der sämtlichen Windspuren in der Spritzzone. Die Baumspitzen liegen am Abhang der Hügel nach oben vom Windschlag abgewendet (Taf. III, Fig. 2).

Dass die Bäume nicht transportiert, sondern nur umgelegt worden sind, geht nicht aus der regelmässigen Lage allein hervor. Man findet mit seltenen Ausnahmen dicht vor dem Wurzelstock bei näherem Nachsehen jeweilen das Wurzelloch, aus welchem der Baum gerissen ist. Freilich ist dasselbe oft von Erde und Eisstaub fest zugefüllt und nicht ohne Weiteres zu sehen. Im Ganzen sind die Wurzellöcher nicht tief, das Wurzelwerk ziemlich flach an der Oberfläche sich verbreitend und die längeren Wurzeln sind abgebrochen, nicht mit ausgerissen. Diese Beobachtungen sind von Manchen ganz übereinstimmend gemacht worden, und es bestätigen mir dieselben, entgegen einer vereinzelten anderen Auffassung, auch ganz ausdrücklich Herr Oberforstinspektor Coaz und Prof. Brückner. Sehr oft hält der Stamm auf der Unterseite noch mit einzelnen Wurzeln fest am Boden, ist also nur geworfen, nicht total ausgerissen.

Die Richtung des Windschlages ganz hart dem Boden entlang zeigt sich auch wiederum in der Verteilung des Windwurfes in den Waldhügeln. Jeder Hügel schützt seine Rückseite und eventuell hinter ihm gelegenen Wald. Bei Bäumen hinter einem Felsblock ist nur der darüber ragende Wipfel abgeschlagen. An den schiefen Hügelböschungen wurde der Windschlag schief aufwärts gelenkt, so dass gleich hinter der Hügelkante manchmal die Bäume stehen geblieben sind, selbst wenn sie die Kante überragen, wie dies auch auf unserem Bilde Taf. III, Fig. 2 zu sehen ist. Durch eine Lücke zwischen den Hügeln ging der Windschlag an den Wald der hinteren Hügelreihe und warf dort noch eine Anzahl von Bäumen. Hätte sich der Windschlag etwas mehr von oben schon aus der Sturzbahn entwickelt, so müsste die Verteilung des Waldwurfes wesentlich anders sein. Am nächsten an der Lawine, wo der Windschlag am schärfsten gewesen sein muss, sind auffallenderweise viele Stammstrünke stehen geblieben. Die Krone ist ihnen abgeschlagen worden, bevor die Wirkung Zeit hatte, sich in den Wurzeln geltend zu machen.

Wohl 350—400 Stämme liegen entrindet, manche sogar zersplittert und teilweise entästet. Im ganzen schätze ich die Zahl der geworfenen Bäume aus den

mir zu Gebote stehenden Photographieen auf über 1000. Viele derselben hatten 50—80 cm Stammdurchmesser und 200—300 Jahre Alter. Das Waldareal, welches der Windwurf gänzlich verwüstet hat, beträgt 9 ½—10 Hektaren, zum Teil beschädigt sind weitere 10 Hektaren (D. P).

Der sogenannte Zagenwald, welcher direkt nördlich der Kantonsgrenze am Abhang unter Tatelen liegt, hat nicht gelitten. Er lag ganz im Schutz hinter den äussersten Strahlen des Windschlagfächers. Im nördlichsten Teile des Zagenwaldes sind einzelne der auf den Felsköpfen unter Tatelen stehenden Bäume zerschlagen worden, nicht durch den Windschlag, sondern durch die von der Sturzbahn etwas seitlich abgeirrten Eis- und Felstrümmer.

Wirkung des Eisstaubgebläses. Sehr bemerkenswert ist der Zustand der geworfenen Bäume. Er erinnert an die Wirkung eines Sturmes mit scharfem Hagelschlag. Diejenigen Bäume, welche am stärksten ausgesetzt waren, sind vollständig entästet und entrindet. Am schlimmsten sehen einige Stämme aus, die nach Verlust der Krone stehen geblieben sind. Sie sind in Stamm- und Aststrünken geschält bis auf das weisse Holz hinein. Bei der ganzen vorderen Zone der geworfenen Bäume ist nicht nur der Stamm, es sind auch besonders sauber die Wurzeln an der Unterseite geschält, die mit dem Sturze des Baumes gegen den Wind sich kehrten. Die emporgewendeten Wurzeln der Juniperussträucher am Stierenbergli und Winteregg sind geschält, ganz wie die Arven- und Lärchenwurzeln im Arvenwald. Jeweilen im Windschutz, vor, neben, hinter und zwischen den geschälten Wurzeln, ist ein Haufe Eisstaub angepflastert geblieben, meist füllt er das Wurzelloch auf und bildet eine schief ansteigende Fläche gegen den Wurzelstock. Bei grossen Stämmen, welche fest auf dem Boden aufliegen, ist die Rinde an der Unterseite geblieben, nur oben geschält. Bei stark hohl liegenden Stämmen geht die Schälung oft ringsum. Starke Aststümpfe haben manchmal auf der dem Windschlag abgewendeten Seite noch Rindenreste behalten. Die weniger scharf ausgesetzten aber doch noch geworfenen Bäume sind nur teilweise entästet und entrindet und dann stets nur an der dem Windschlag zugekehrten Seite der Wurzeln und Aeste. Rindenfetzen sahen wir nirgends herumliegen, wie sie einem solchen an hunderten von Stämmen vollzogenen Entrindungsprozesse entsprochen hätten. Wohl aber lagen die abgezerrten Zweige und Aeste an der Grenze gegen den unzerstörten Wald in hohen Haufen aufgeschichtet. Wenn man z. B. von dem kleinen See bei den Hütten nach der hinteren geschützt gebliebenen, in isoliertem Thälchen liegenden Hütte ging, musste man einen solchen Wall von Aesten und Zweigen übersteigen, auch lagen viele Arven- und Lärchenzweige vom Rückstrom aus ca. 100 m thalauswärts auf dem Gemmiweg.

Die Entrindung der Bäume in der Spritzzone kann einzig analog dem „Sandgebläse“ erklärt werden. Als Sand wirkten hier die scharfen eckigen Eissplitter und der Gesteinsstaub, der freilich hier durchweg nur in sehr untergeordneter

Menge vorhanden ist. Wenn nur das Sandmaterial des Sandgebläses härter ist als die angegriffene Substanz, dann ist die Wirkung proportional dem Winddruck. Der Eisstaub mit nur wenig Steinstaub und Erde gemischt war hier die Feile, der Windschlag der Motor. Der Eisstaub hat die Rinde abgefegt. Wir finden sie deshalb auch nicht in Fetzen, sie ist sägemehlartig verstäubt. Die Thatsachen, dass die dem Winde zugekehrten Wurzelstücke an der Unterseite geschält, die Wurzelstocklöcher mit Eismehl zugekleistert und oft nur die Stosseiten der Aeste geschält sind, beweisen, dass das Sandgebläse hauptsächlich nach dem Wurf der Bäume gearbeitet hat, dass also die Bäume zuerst geworfen und dann sofort mit Eisstaubsturm gefegt worden sind. Gewiss war es aber eine kurzdauernde intensive Arbeit. Ich habe kein Beispiel aus der Litteratur finden können, wo die sogen. Sandgebläsewirkung durch Eisstaub bei Lawinen ausdrücklich konstatiert worden wäre, obschon sie gewiss auch bei andern ähnlichen Ereignissen wie z. B. dem Biesgletschersturz bei Randa etc. sich geltend machen musste.

Maasse der Spritzzone. Die Spritzzone reicht in der Richtung ca S—N, in welche ihr grösster Durchmesser fällt, volle 2170 m weit. Der kürzeste Durchmesser ist derjenige in der Richtung der Sturzbahn mit 1270 m. Hätte nicht die Wand des Ueschinengrates im Wege gestanden, so hätte sich wohl die Spritzzone auch in der Richtung der Sturzbahn stärker, quer dazu destoweniger weit entwickelt. Die seitliche Wirkung quer zur Sturzbahn geht gegen SSW über flachen Thalboden bis auf 860 m Entfernung vom Lawinenrande.

Die gesamte Spritzzone, als Streifen seitlich und vorne um die Lawine gelagert, misst etwa 910,000 m², und das ganze Ablagerungsgebiet, Lawine mit Spritzzone, nimmt eine Fläche von ca. 1,910,000 m², also beinahe 2 km² ein. Nimmt man noch Abrissgebiet und Sturzbahn hinzu, so gelangt man für die gesamte von der Gletscherlawine an der Altels betroffene Grundrissfläche auf etwas über 3 ½ km².

Wir haben also gesehen, dass die Spritzzone bedingt ist durch das Ausweichen der Luft unter der Lawine. Bei grossen Bergstürzen gibt es wohl auch solche Spritzzonen, indessen wird es oft schwierig zu unterscheiden sein, ob die über den Rand eines Trümmerstromes hinausgespritzten Steine und Steinmehle oben aus dem Trümmerstrom sich entwickelt haben oder unten heraus. Jedenfalls ist bei Felsströmen die Entwicklung einer solchen Spritzzone von vorne herein nur in viel geringerem Masse möglich, weil das spezifische Gewicht der stürzenden Partikel dort durchschnittlich mehr als 2½ mal grösser, und somit eine seitliche Streuung durch Windschlag viel schwieriger ist. Es wird fast nur feines Steinmehl unter der fliegenden Felslawine herausspritzen und sich mit demjenigen mischen, das die oben mitgerissene Windströmung erzeugt. Bei Grundlawinen aber, die über Felsabsätze frei hinausspringen, dürfte wohl oft ein seitliches Hinausstäuben dieser Art zu beobachten sein.

VI. Die mechanischen Maasse.

Am Schlusse unserer Betrachtungen über Abriss, Sturz und Ablagerung angelangt, versuchen wir noch, uns ein ungefähres Bild über die mechanischen Maasse zu machen, welche bei der Eislawine an der Altels ins Spiel gekommen sind. Wir legen dabei als Menge des abgebrochenen Eises die Zahl 4 500 000 m^3 zu Grunde.

Herr Direktor Emil Huber, Ingenieur in Zürich (Maschinenfabrik Oerlikon), hat mir bezügliche Rechnungen zur Verfügung gestellt. Ich entnehme denselben zum Teil die folgenden Zahlen.

Der Gletscher war vor dem Abriss festgehalten durch die Zugfestigkeit des Eises (7—8 kg per cm^2 Querfläche, 5 kg ca. für Gletschereis und Firneis) und die ruhende Reibung auf der Unterlage. Die Abrissfestigkeit berechnet sich aus der ungefähren Abrissfläche von ca. 25 000 m^2 auf ungefähr 1200 000 000 kg. Bei 30° Gefälle der Unterlage war die Gleitkomponente der Gletschermasse, d. h. der von dem Gletscher nach unten ausgeübte Zug gleich

$$4500\,000\,000 \times \text{Sin } 30° = 2250\,000\,000 \text{ kg.}$$

Daraus ersieht man, dass die Zugfestigkeit des Eises nur etwa die Hälfte vom Schub des Gletschers nach unten zu halten vermochte, die andere Hälfte musste durch die Reibung gehalten werden. Im Momente vor der Abtrennung musste die Reibung eben gerade den Wert angenommen haben, der zusammen mit der Kohäsion die Gleitkomponente aufzuheben vermochte — im Momente nachher war sie dafür zu klein. Daraus ergäbe sich der Reibungskoefficient an der Unterlage wie folgt: Die Unterlagedruckkomponente des Gletschers ist gleich

$$4500\,000\,000 \times \text{Cos } 30° = 3897\,000\,000 \text{ kg.}$$

Der Reibungskoefficient ist gleich Gleitkomponente minus Abrissfestigkeit dividiert durch Unterlagedruckkomponente oder in Zahlen

$$= \frac{2250\,000\,000 - 1200\,000\,000}{3897\,000\,000} = \frac{1{,}050}{3{,}897} = \text{ca. } 0{,}269.$$

Dieser Reibungskoefficient ist nicht halb so gross wie bei Stein auf Stein. Ueber die Reibung von Eis auf Felsunterlage von über 0° Temperatur sind einzelne Messungen vorhanden, allein sie beziehen sich auf glatt geschliffene Steinflächen. (Eis auf polierter Marmorplatte Reibungskoefficient = 0,075, auf rauher Platte 0,3 auf Glarnerschieferplatte 0,4.) Ein Eisstück auf schiefer Steinunterlage von bloss 2° bis 3° Böschung, wenn die Temperatur dieser Unterlage über 0° steht, gleitet langsam und kontinuierlich abwärts. Aber alle diese Beobachtungen sind schwer übertragbar auf die grossen Verhältnisse in der Natur, wo die Unterlage unregelmässig gestaltet ist.

Bedenken wir ausserdem noch, dass die Abrissspalte teilweise vorgerissen war, so ist gewiss einleuchtend, dass unangefroren auf dieser steilen Felsunterlage der Gletscher überhaupt sich nicht halten konnte, dass er früher angefroren sein musste.

Ein anderer Rechnungsversuch von Herrn Huber betrifft die Frage, wie viel Arbeit verbraucht worden sei, um die Eismasse in das Eiskonglomerat zu zertrümmern. Wenn wir auch hierüber keine bestimmten Zahlen geben wollen, weil dieselben zu viel unsichere Schätzungen enthalten, so kann doch auf Grundlage der Rechnung mit aller Bestimmtheit gesagt werden, dass die zur inneren Zertrümmerung verbrauchte Arbeit nur einen kleinen Bruchteil der Gesamtsturzenergie der Masse ausmacht, so klein, dass sie selbst dann noch nicht wesentlich in Betracht fallen könnte, wenn sie 10 oder 100 mal grösser wäre, als die erwähnte Rechnung sie erscheinen lässt.

Andererseits, wenn der Reibungskoefficient von Eis auf Fels zu 0,269 angenommen wird, ergibt sich, dass nahezu die Hälfte der Energie der stürzenden Masse durch die Reibung verzehrt wird. Freilich auch diese Rechnung entspricht der Wirklichkeit wohl nur teilweise, weil die Unebenheiten des Felsens rasch sich mit Eistrümmern füllen, die dann stehen bleiben, so dass bei der Thalfahrt der Lawine vielfach nur Eis an Eis gleitet. Die innere Reibung ist wegen den geringen inneren relativen Geschwindigkeiten im Ganzen sehr klein, der Reibungskoefficient Eis an Eis ebenso, so dass die innere Reibung gegenüber der Energiemenge, die durch den Sturz sich anhäuft, auch vernachlässigt werden kann.

Die kinetische Energie der Eislawine am Fusse ihrer Bahn beträgt rund 6300 000 000 000 Meterkilogramm. Wäre dieses Eisgewicht reibungslos zu Thal gestürzt, so würde es am Fusse der Bahn mit einer Geschwindigkeit von 165 m eingetroffen sein. Nehmen wir an, es sei durch Reibungswiderstände die Hälfte der durch den Sturz angehäuften Arbeitsfähigkeit unterwegs verbraucht worden, so ist die Endgeschwindigkeit noch 118 m per Sekunde. Die Energie, welche am Fusse der Bahn in der Lawine noch disponibel enthalten war, beziffert sich auf **3150 000 000 000 Meterkilogramm.**

Hätte man diese Energie verlustlos aufspeichern und gleichmässig und kontinuierlich während eines ganzen Jahres nachher wieder arbeiten lassen können, so würde dieselbe der Arbeit von 1350 Pferdekräften gleichkommen. Um aber gar die ganze Lawine, Arbeitsverluste nicht gerechnet, vom Thal wieder um die 1400 m hinauf an ihren ursprünglichen Platz zu heben, wäre ein kontinuierlicher Aufwand von 2700 Pferden während eines ganzen Jahres Tag und Nacht erforderlich, was einem Verbrauch von 1665 Wagen Kohle entspricht. Es ist dies nicht viel weniger als die jährliche Leistung des stadtzürcherischen Wasserwerks im Letten. Die effektive Energiemenge, die am Fusse der Bahn in der Lawine angehäuft war,

würde, verlustlos aufgespeichert, die Stromlieferung des Elektricitätswerkes der Stadt Zürich auf die Dauer von nahezu 20 Jahren übernehmen können. Sie würde ausreichen, einen Schnellzug von 150 Tonnen Gewicht 6mal um den Erd-Aequator herumzutreiben, wobei die Fahrzeit für einen Umgang um die Erde 21 Tage, für die ganze Reise 126 Tage betragen würde.

Die angehäufte (kinetische) Energie der Lawine wurde nachher, über das Ablagerungsgebiet sich werfend, dort in Ueberwindung von Reibungswiderständen, Emporheben der Lawine an der gegenüberliegenden Thalwand, und Erzeugung von Windschlag wieder verzehrt. Dies geschah in einer bestimmten Zeit, nach welcher Stillstand eintrat. Wir wollen diese Beruhigungszeit zu einer Minute annehmen, was wohl annähernd der Wirklichkeit entspricht: Eine Minute Sturzzeit, eine Minute Beruhigungszeit. Unter dieser Annahme ist die im Ablagerungsgebiet wirkende Kraft 690 000 000 Pferdekräfte. Dies ist rund die Triebkraft von 9300 Rheinfällen bei gutem Wasserstand oder das 45fache des Niagarafalles.

Ich habe noch versucht, eine ungefähre Vorstellung darüber zu gewinnen, wie die im Ablagerungsgebiete disponible lebendige Kraft sich nun auf die verschiedenen sie aufzehrenden Faktoren verteilt. Es hat sich durch annähernde Berechnung herausgestellt, dass verbraucht wurde: Zum Aufsteigen der Lawine am gegenüberliegenden Abhang ca. $^1/_5$ des Vorhandenen. Zur Ueberwindung von Reibungswiderständen, wesentlich vermehrt durch die Richtungsänderung aufwärts um ca. 35°, etwa $^2/_5$ bis $^3/_5$ des Vorhandenen. Zur Erzeugung des Windschlages bleibt als Rest ca. $^1/_5$ bis $^2/_5$ des Vorhandenen. Von diesen drei Posten liess sich der erste am sichersten berechnen. Der zweite ist viel unsicherer. Der dritte ändert sich je nachdem wir den zweiten schätzen. Immerhin darf man sagen, dass der Windschlag eine Energie von 5 bis 15 hunderttausend Millionen Meterkilogramm enthalten hat, die ihrem Thatendrang grösstenteils in der Spritzzone Ausdruck gegeben haben. — Also mehr als einmal um die Erde herum könnte ein Schnellzug mit derjenigen Energie fahren, welche im Windschlag vorhanden war. Wahrlich, es ist viel Kraft an das Zerstörungswerk verschwendet worden!

Wir können uns noch fragen, wie gross die unter der herunterfliegenden Lawine erzeugte Luftkompression war, aus welcher dann der radiale Windschlag der Spritzzone erzeugt wurde. Auf eine Distanz von einigen hundert Metern ist eine Windgeschwindigkeit von noch 60 m erzeugt worden. Die Berechnung, welche freilich nur sehr approximativ möglich ist, ergibt einen einseitig notwendigen atmosphärischen Ueberdruck von ca. 1 Atmosphäre. Das heisst, unter der Lawine wurde momentan die Luft auf 2 Atmosphären zusammengedrückt. Diese plötzliche Einwirkung auf das dort liegende Vieh war gewiss mehr als genug, um den momentanen Tod durch Shock nach sich zu ziehen; sie entspricht einer plötzlichen Vermehrung der Zusammenpressung von aussen um ca. 10 000 kg per m^2 Fläche.

Ich habe früher gezeigt, wie die Böschung der Linie, welche man vom oberen Anrissrande an das Ende des Ablagerungsgebietes zieht, bei Bergstürzen abnimmt, je grösser die auf einen Schlag stürzende Masse ist. Bei der Gletscherlawine an der Altels haben wir vom Abrissrande bis an den Brandungsrand am Ueschinengrat 16° Steigung. Im Vergleich zu den Bergstürzen können wir sagen, dass sich hierin die geringere Reibung des Eises ausspricht, denn das ist wenig für ein so kleines Sturzvolumen. Der Goldauerbergsturz mit ca. 6mal mehr Volumen, 15mal mehr Masse blieb bei 12° stehen.

VII. Das Ereignis vom Jahr 1782.

Dokumente. Nach dem 11. September 1895 war die Nachricht in aller Munde, dass schon 1782 eine ganz ähnliche Verwüstung der Spitalmatte durch eine Gletscherlawine stattgefunden habe.

Herr Pfarrer P. Varonier von Leukerbad teilt uns den lateinischen Wortlaut der bezüglichen Notizen im Totenbuch der Gemeinde Leukerbad mit. Das Dokument lautet in deutscher Uebersetzung wie folgt:

„1782 am 17. August kamen auf dem Gemmiberg, auf der „Wintereggen“ genannten Alp, durch eine schreckliche und erstaunliche Gletschermasse, die vom Gipfel abstürzte, aus dieser Gemeinde, als sie hierher zurückkehren wollten, elend erdrückt ums Leben: der ehrenfeste Herr Josephus Lehner, Schuster, der Jüngling Joh. Meichtry (dessen Vater anno 1780 am 28. Februar ebenfalls durch Schnee oder eine Lawine umgekommen ist), und Joh. Jos. Brunner, 11 Jahre alt, Sohn des Herrn Brunner (salteri = ?), mit der ledigen Tochter Barbara Minnig, deren Leichen noch nicht gefunden und festgestellt werden konnten. Am 20. dies endlich ist von den ebengenannten die Tochter Barbara Minnig gefunden und hierher gebracht, und am 22. begraben worden.

„Der vorgenannte Joh. Jos. Brunner ist nach seiner Auffindung am 28. Sept. begraben worden.

„1783 am 13. Juni habe ich bestattet den ehrsamen Joseph Lehner, Schuster, und den Jüngling Jos. Meichtry, welche beide 1782 am 17. Aug. am Gemmiberg auf der Alp Wintereggen durch eine schreckliche und erstaunliche, vom Gipfel des Berges abgestürzte Gletschermasse erdrückt ihr Leben verloren, und deren Leichen unter vier Personen zuletzt festgestellt und hergebracht worden waren, und am selben Tage zur Abendzeit nach dem Ritus der Röm. Kirche durch mich beigesetzt wurden. *Christian Mayenzet*, cur. ind.“

Weit eingehender und für die Beurteilung des Vorfalles von 1782 wichtiger ist eine Urkunde, welche Herr Moriz Loretan, Civilstandsbeamter, in den Archiven

von Leukerbad gefunden und dem „Walliser Bote“ vom 21. Sept. zum Abdruck übergeben hat. Dieselbe lautet:

„Kund, offenbar und zu wissen sey, dass anno 1782 den 18. Augustmonat durch ein erschröck- und schaudervollen Gletzerbruch das ganze melche Vieh, kein eintzige Kuh ausgenommen, welches sich auf der sogenannte Alte Matten jn der Alpen Wintereggen befände, jähmerlich zu Grunde gegangen und erschlagen worden. Also war, dass von Einigen Halber Leib jn einem, der andere Halbe jn einem andren Ort sich befinden, Einigen seynd die Horn vom Kopf, Anderen das haubt, anderen aber ein Glid vom Leib weg und abgerissen worden. Vile seynd bis in die Rebhalden, einige aber gar bis zu indrist jn die Rieben fortgeschleppt, ganz zermartert gefunden worden, einige aber seynd von den erstaunlich grossen Gletzer Schuggen und Steinen so mit erschröcklichen Gewalt durch die Lufft getriben gäntzlich einbegraben worden. Es befinden sich der verunglückten Kühen auf benanter Alpen 62, Geis und Kühschaf über 20, so alle durch diesen Gletzerbruch zerschmettert worden. Allein nicht genug, es mussten auch jn die Spitelmattenrieben drey Küh und ein Meischen sambt 5 Schwein, so sich beim Spitelmatten Brunnen befinden, selbes Schicksal ausstehen.

„Das Spitelmatten Vieh, welches aus dem Doschen Wald kame, um die Mittag Weidt auf die Spitel alte Matten einzunehmen, würde ebenfals verstücket worden seyn, wenn dieser Bruch eine Halbe Stund später würde geschehen seyn, denn von Spitelmatten Brunnen bis an Grechtalman noch Mensch noch Vieh beym Leben hätten können erhalten werden, weilen selber Bezirk bis jn die Rieben nicht einer Wisen, sondern einem velligen Stein und Gletzer Schuggen gleich sache. Auch die Hütten in Wintereggen würden durch das Getöss und Krachen dieses Gletzerbruch also erschittet, dass die Küherinnen alle Augenblick den Einsturz derselben jn grösstem Schröcken erwarten. Was dieses für ein Jammer, Schröcken und Wehklagen, besonders bei jenen, so dieses traurige Schicksal betroffen, lasse ich einen jeden selbsten erwägen. Allein nicht Vieh, sondern auch Betrübnis und schreckenvolles Schicksal. Auch vier Personen, welche zwey Pferd mit Sommer-Nutz beladen mit sich fiehren und sich auf die Spitel Alt Matten, um nachher Haus sich zu begeben, befinden, um diesen schaudervollen Gletzer Bruch mussten ihr Leben einbüssen und unter Gletzer und Stein ihr Grabstat finden.

„Die Verunglückten waren Joseph Lener, Schuhmacher und Einwohner in Baden, Joseph ein Sohn herrn Weibel Johannes Brunner, ein ungefähr 8 oder 9jähriger Knabe, Barbara, eine Tochter Johannes Minnig und Johannes Meichtry im Dorf. Benannte Barbara Minnig ist gleich hernach, der Knab etwas später, Joseph Lener aber und Johannes Meichtry im darauf folgenden Frühjahr alle jn die Spittelmattenrieben, nicht weit von einander gefunden, nachher Baden getragen und christlich unter vielen Zehren und grösster Empfindlichkeit aller Anwesenden,

ein Jedes zu seiner Zeit zur Erde bestattet worden. Die zwey Pferd seyn eben allda gefunden worden, nichts aber von dem geladenen Sommernutz. Erbarmenswerthes Widigist ware Maria Catherina Lener, des obermeldeten Joseph Lener, vermittelter Weilen ihr Mann, ihre zwey Kühe sambt dem Käss und Anken, so sie bis auf selbe Zeit jn der Alpen gemacht, den Stein und Gletzer-Felsen zur Seite geworden.

„Obiges Alles zu annotiren, um der Mitwelt hierdurch ein ewiges Andenken dieses erschröcklichen Schicksals zu hinterlassen, haben mich die Alpgetheilen jn Wintereggen ersucht, welches ich also jn klärister Kürze gethan und mich zu ungezweifelter Wahrheit dieses eigenhändig unterschreiben wollen.

„Johannes Joseph Loretan, Alt Meier und offener Schreiber."

Weit weniger erfahren wir aus dem Kanton Bern oder aus der späteren Reiselitteratur.

Der „Bund" Nr. 276 vom 4./5. Okt. 1895 enthält von unterrichteter Seite folgende Notizen:

„— H. T. Ueber den Gletscherabsturz an der Altels, der im Jahre 1782 ähnliche Verheerungen angerichtet haben soll wie der am 11. Sept. abhin erfolgte Absturz, sind im Berner Staatsarchiv folgende dürftige Nachrichten zu finden. Am 26. August 1782 gelangte vor den Kleinen Rat von Bern ein Schreiben des Kastlans oder Landvogts von Frutigen, worin dieser die Verwüstung schildert, die durch den Absturz eines Teiles eines auf dem „Walliserberg" gelegenen Gletschers verursacht worden sei. Der Rat erkannte lediglich, das Schreiben sei „an sein Ort zu legen." Zu weiteren Massregeln sah er sich nicht veranlasst, da das ganze Thal des Daubensees bis 1871 vom Stande Wallis beansprucht wurde. Das Schreiben des Kastlans von Frutigen ist leider nirgends mehr zu finden.

Etwas mehr erfahren wir aus einem Beschlusse vom 23. September 1782. Auf der Alp Winteregg „verunglückte" Angehörige des Zehntens Leuk suchten nämlich um die Bewilligung nach, milde Gaben für ihren durch eine „Gletscherlauenen" erlittenen Schaden sammeln zu dürfen. Meine gnädigen Herren von Bern antworteten aber, sie seien nicht gewohnt, in den Landen andern als dero eigenen Unterthanen und zwar in sehr wenigen Fällen zu gestatten, freiwillige Steuern aufzunehmen. Deswegen müssten sie die Bittsteller abweisen, aber zu Ehren des Pannerherren von Leuk, der sich für die armen Leute verwende, sprächen sie hiermit eine milde Gabe von 50 Thalern, die in das Steuerbüchlein der Steuersuchenden einzutragen seien. Die letztern sollten sich aber des Steuersammelns in meiner gnädigen Herren Landen gänzlich müssigen."

Die Unsicherheit, mit welcher die Namen gegeben sind, so dass es bald Alte Matte, bald Spitalmatte, bald Wintereggalp etc. heisst, hat Veranlassung zu verschiedener Deutung gegeben. 1895 und offenbar auch 1782 ist wohl ganz in ähn-

licher Weise der grössere nördliche Teil der Spitalmatte und der südliche Teil von Winteregg zerstört worden. Beide Alpen sind übrigens längst vereinigt.

Das gleiche Blatt enthält in Nr. 279 vom 7./8. Okt. folgendes:

„Die litterarische Ausbeute an Nachrichten über das Naturereignis des gen. Jahres ist beinahe so armselig ausgefallen wie die archivalische, trotzdem die Schweiz im letzten Viertel des vorigen Jahrhunderts schon recht häufig um ihrer Naturwunder willen bereist wurde und eine ansehnliche Litteratur darüber uns noch heute den Beweis von der trefflichen Beobachtungsgabe dieses Touristenvortrupps giebt. Nur in zwei Werken fand Ihr Korrespondent den Gletscherbruch angeführt:

Ebel, der Vater oder besser gesagt, der Grossvater der heutigen Reisehandbücher, berichtet auf Seite 57 des zweiten Bandes seiner „Anleitung auf die nützlichste und genussvollste Art in der Schweiz zu reisen“ (Zürich 1793): „In 1½ Stunde von der Hütte — (von der Walliser Seite her) — trifft man das Wirtshaus Schwarrenbach. Von hier gehts über Trümmer eines eingestürzten Berges und dann über eine schöne Alp, auf der man noch deutlich den Strich wahrnimmt, den 1782 eine grosse Lawine, die von der Felsenspitze rechter Hand herabstürzte, verwüstete, und da viel Vieh und Menschen tötete.“

Der zweite Schriftsteller, welcher dies wiederum thut, ist der herzoglich mecklenburgische Hofrat zu Rostock Gerhard Philipp Heinrich Normann in seiner vierbändigen „geographisch-statistischen Darstellung des Schweizerlandes“ (Hamburg 1795—1798). Wohl nicht aus eigener Beobachtung schreibt der Herr Rat auf Seite 807 seines ersten Bandes: „Hinter Kandersteg kommt man östlich den engen Schlund, der ins Geschenenthal (!) führt und nach etwa zwei Stunden den engen Eingang zum Gasterthal vorbei und sieht die hohe Alt-Els mit den prächtigen Eisgerüsten immer deutlicher. Die Grimsel (!) -Strasse führt auch über die schöne Alp, wo 1782 die Wand eines grossen Gletschers einstürzte, erstaunliche Felsenstücke mit sich fortriss, eine Menge Vieh zu Grunde richtete und selbst einige Menschen tötete.“

Von etwa zehn Reisebeschreibungen und -Werken aus den nächsten zwanzig Jahren nach dem Ereignis sind dies wie gesagt, die beiden einzigen, die darüber, und nur in aller Kürze, berichten.“

In „Alpenrosen, ein Schweizer Almanach“ 1814 S. 66 etc. steht in einem Aufsatz von Meisner „Der Gemmi“ folgendes: „Die letzten Tannen liegen wie die Leichen eines Schlachtfeldes auf dem Boden hingestreckt, zerschmettert, astlos, dürr und todt als ängstliches Denkmal einer Schneelawine, die vor mehr als 30 Jahren vom Rinderhorn (sollte heissen Altels) herab diesen Strich verwüstete, wobei auch mehrere Menschen und viele weidende Kühe umkamen.“ Die Stelle bezieht sich auf den Arvenwald an der Spitalmatte.

Vergleich der Ereignisse von 1782 und 1895. Die obigen Dokumente stimmen vollständig untereinander überein mit Ausnahme des Datums, das die einen auf den 17., die andern auf den 18. August 1782 legen. Sie zeigen uns, dass die Katastrophe von 1895 eine genaue Wiederholung derjenigen von 1782 ist. In beiden Fällen reichte die Zerstörung bis eben an die Winteregghütten, die unversehrt blieben, und erstreckte sich von da über die ganze Fläche der Spitalmatte hinaus. In beiden Fällen blieben in der Randzone die Leichen an der Oberfläche, im centralen Teil unter der Lawine, wo sie erst später austhauen. In beiden Fällen schlug die Verwüstung weit an den Ueschinengrat hinauf und die Kühe wurden durch die Luft getrieben. In beiden Fällen entstand keine gefährliche Stauung des Schwarzbaches, und kein verheerender Durchbruch thalauswärts. In beiden Fällen wurde die Katastrophe von Niemandem vorausgesehen.

Ohne Zweifel ging aber die Wirkung der Gletscherlawine im Jahre 1895 weiter als 1782. Wahrscheinlich war die Grenze des Arvenwaldes, wie sie vor dem 11. Sept. 1895 bestanden hatte, bedingt durch den Waldwurf von 1782. Jüngerer Wald bestand fast nicht. Der Windschlag 1895 hat direkt auf den Waldrand geschlagen, der 1782 die Grenze der Verwüstung im Walde bildete. Er hat hier eine Menge von Stämmen geworfen, welche schon 1782 grosse Bäume gewesen sein mussten. Lärchenstämme von 1 m, Arven von 80 cm Durchmesser sind geworfen worden. Manche dieser Bäume mochten, nach gef. Mitteilung des Herrn Oberforstinspektor Coaz, ein Alter von 300 und mehr Jahren haben. Ob dies nun dahin gedeutet werden muss, dass die Lawine diesmal grösser gewesen sei als 1782, oder nur dadurch bedingt ist, dass vor den jetzt geworfenen Bäumen 1782 noch anderer Wald schützend stand, lässt sich nicht mehr entscheiden. Auch bei gleicher Stärke des Windschlages wird die Grenze des Waldwurfes jedesmal etwas weiter greifen.

Sicher war die Ursache der Verheerung damals wie jetzt ein Gletscherbruch. Es bleibt kein Zweifel übrig, es war der gleiche Altelsscheitelgletscher 1782 wie 113 Jahre später.

Ueber die Frage, ob vor dem Sturze von 1895 die Erinnerung an 1782 in der Bevölkerung noch wach gewesen sei, antwortet mir Herr Nationalrat Dr. Loretan von Leuk: „Sie war noch nicht vollständig erloschen. Es leben Leute in Leukerbad, die die Kunde von 1782 aus dem Munde von Personen haben, welche sie miterlebt. Auch die Chronik des Meyer Loretan über 1782 war vor dem diesjährigen Gletscherfall in Leukerbad schon bekannt. Natürlich wurde nur noch zufällig über 1782 gesprochen und es mögen nur Wenige in der Bevölkerung sein, die davon noch wussten, gehört oder gelesen hatten. Immerhin kann man sagen, die Erinnerung war nicht ganz erloschen.“

Bernerseits erhielt ich auf bezügliche Anfrage die Auskunft von Herrn Ober-

wegmeister Reichen, dass man in der Bevölkerung im Allgemeinen vom Sturz von 1782 nichts mehr wusste. Einzig, als vor einigen Jahren der damalige Schwarenbachwirt Anderegg von Meiringen eine Hütte an der Winteregg abbrach, um sie mitten im Gebiet der jetzigen Lawine neu aufzubauen, habe einer der älteren Zimmerleute davor gewarnt und gesagt, es sei vor alten Zeiten hier eine Lawine gekommen und habe alles fortgerissen. Die Hütte wurde dann doch auf die sogenannte „alte Matte“ gestellt, und bei der Fundation sollen massenhaft Knochen und altes Eisen zum Vorschein gekommen sein. (Reichen). Herr Nationalrat Bühler von Frutigen, dem die Spalte im Firn vor dem Abriss aufgefallen war, hatte nie vorher von einem älteren Absturz gehört.

Wesentlich mehr ist wohl über den Gletscherbruch von 1782 nicht mehr in Erfahrung zu bringen. Für unsere Zwecke genügt es, die Aehnlichkeit mit 1895 gezeigt zu haben, woraus hervorgeht, dass es sich hier um die Wiederholung einer nach ihren Bedingungen wohl periodischen Erscheinung handelt.

VIII. Die Ursachen.

Gleiche Wirkungen lassen auf gleiche Ursachen schliessen. Die stehende Hauptursache der Gletscherlawine an der Altels liegt selbstverständlich in der Gestaltung des Bodens, in jener 31 bis 32° steilen, glatten, nach unten offenen Kalkfelsschichtung am Altelsgipfel einerseits, und der grossen Höhe andererseits, welche die Bildung eines Scheitelfirnes mit Randvergletscherung zur Folge hat. Ein anderer Faktor, der zeitweise auslösende, muss von den klimatischen Verhältnissen und Bedingungen der jedem Absturz vorangegangenen Zeit abhängen und zwar, weiter zurückgreifend, von denjenigen Momenten, welche die Ausbildung des sturzdrohenden Gletschers bedingen, und, näher liegend, von denjenigen, welche die Abtrennung befördert haben. Da die Grundursache konstant ist, die klimatischen Verhältnisse meistens um ein Mittel schwanken und sich periodisch wiederholen, so ist es von vorneherein wahrscheinlich, dass auch schon mehrmals früher solche Gletscherlawinen an der Altels niedergegangen sind und dass das Gleiche sich auch in Zukunft wiederholen wird, wenn man die Natur ihrem Gange überlässt.

Wir dürfen somit erwarten, wichtigen Aufschluss über die näheren Ursachen der Katastrophe von 1895 aus einem Vergleich der Jahre 1782 und 1895 nach Gletscherzuständen und klimatischen Erscheinungen zu gewinnen.

Gletscherstand 1895. Da eine ganze Anzahl von Gletscherlawinen (Biesgletscher, Giétrozgletscher) jeweilen in Zeiten des Vorstossens entstehen, treten wir zuerst an die Frage, ob ein Vorstossen des Altelsgletschers dem Absturz voran-

gegangen sei oder nicht. Ich thue wohl am Besten, in diesen Dingen das Wort Prof. Dr. F. A. Forel zu überlassen, der seit vielen Jahren mit grosser Konsequenz die bezüglichen Dokumente sammelt und verarbeitet. Er schreibt mir zur Publikation in diesem Neujahrsblatt das Folgende (Uebersetzung ins Deutsche durch Dr. Leo Wehrli):

„Es ist nicht wahrscheinlich, dass der Sturz vom untern Ende des Altelsgletschers durch ein aussergewöhnliches Wachsen des Gletschers verursacht worden sei.

„Was das Ereignis von 1782 betrifft, so haben wir keine spezielle Kunde; aber unter den allgemeinen historischen Thatsachen über die Gletscherschwankungen deutet nichts auf eine wachsende Gesamtentwicklung der Gletscher für jene Epoche. Von 1765 bis 1770, und für einzelne Gletscher 1780, scheint eine Wachstumsphase gewesen zu sein; sehr wenige Gletscher haben nach 1780 ein Maximum gehabt. Ich finde in den sehr dünn gesäeten Dokumenten aus dem letzten Jahrhundert nur den glacier des Bois am Montblanc 1784 (H. B. de Saussure) und den Tschingelgletscher bei Lauterbrunnen 1785 (Kasthofer), die zwischen 1780 und 1790 ihr Maximum erreicht hätten.

„Für das Ereignis von 1895 besitzen wir keine Spezialbeobachtungen über die Altels, welche leider nicht in der Liste der von den Berner Förstern überwachten Gletscher steht. Als mehr oder weniger zeitgenössische Beschreibung habe ich einzig den folgenden Satz finden können, der einem Bericht des Herrn F. Becker über das Exkursionsgebiet des Alpenklubs für 1882/83 (Gemmidistrikt) entnommen ist: „Etwas über den Stand der Gletscher in diesem Gebiete. Der allgemeinen Erscheinung entsprechend nehmen auch diese überall erheblich ab. Einzelne kleine Gletscher sind verschwunden, andere wollen nachfolgen. Altels und Rinderhorn entkleiden sich jeden Sommer mehr ihres weissen Mantels.*)

„Während sämtliche Gletscher des Montblanc und vielleicht die Hälfte der Walliser eine Wachstumsphase aufwiesen von 1875, 1880 bis 1893 oder 1895, haben nur wenige Gletscher des Berner Oberlandes dieses Vorrücken angekündigt, am klarsten der obere Grindelwald- und der Rosenlaui-Gletscher, beide seit ungefähr 1880. Niemand meldete aus der Balmhorngruppe Gletscher, die im Vorrücken begriffen waren.

„Andererseits hat die grosse Hitze der drei aufeinanderfolgenden Sommer 1893, 1894 und 1895 allen Alpengletschern stark zugesetzt; die meisten unter ihnen zeigten gewaltige Rückzugssymptome, und sogar eine gute Anzahl derjenigen, die vorher im Vorrücken waren, haben ihre Rückzugsphase begonnen.

„Wir dürfen also nicht daran denken, dass ein aussergewöhnliches Anwachsen des Altelsgletschers die Ereignisse von 1782 und 1895 herbeigeführt habe.“

---

*) F. Becker, „Aus dem Exkursions-Gebiet“. Jahrbuch des S. A. C. XVIII. Bern 1883.

Noch beweisender als die obigen lückenhaften und nicht ganz einwurfsfreien Notizen (D. P.) dafür, dass Vorstoss des Gletschers an der Altels keine Gletscherlawine erzeugt, ist für mich die Thatsache, dass in den Jahren allgemeinen grossen Vorstosses, 1818 bis 1820 und 1850 bis 1855, keine Gletscherlawine an der Altels entstanden ist.

Dass auch kein Ausbruch einer Wasseransammlung im Gletscher wie bei dem Unglück von St. Gervais hier als Ursache in Frage kommen kann, ist durch die Erscheinungen selbst auf den ersten Blick klar: Keine Spuren von wässeriger Schwemmung, keine Flutspuren, Fluträndер, Schlammeinspülungen oder dergln., keinerlei Fortsetzung der Katastrophe durch den Thalweg hinaus. Wasser war nicht beteiligt, nur Eis.

Das Klima 1782. Forel fährt fort über die besonderen meteorologischen Erscheinungen der Jahre 1782 und 1895 wie folgt:

„Nachdem wir gezeigt haben, dass der Gletschersturz weder durch ein ausserordentliches Wachsen des Gletschers, noch durch eine Wasseransammlung im Gletscher veranlasst war, so ist die einzig noch mögliche Erklärung in den meteorologischen Bedingungen dieses Jahres zu suchen. Waren sie normal oder exceptionell vor den beiden Katastrophen von 1782 und 1895 — das muss studiert werden.

„Vorerst der Sommer 1782. Wir erinnern daran, dass der Gletschersturz am 17. (oder 18.) August stattfand. Brügger charakterisiert in seinen Beiträgen zur Natur-Chronik der Schweiz (VI, 42 Chur 1888) das Jahr 1782 folgendermassen: „Januar war sehr milde, Februar kalt, der Frühling war regnerisch. Der Winter ging bis Ende Mai, worauf plötzlich ein „schrecklich heisser“ trockener, aber sehr kurzer Sommer folgte. Im Juli war eine grosse Tröckne; man hat das Waschen verboten; man hat im Rhein waschen und dorther das Wasser holen müssen. Die Tröckne verursachte Krankheiten unter Mensch und Vieh. Der Monat August war nicht mehr so heiss . . .“

„Neben dieser allgemeinen Uebersicht besitzen wir drei oder vier Beobachtungsserien, welche uns eine ungefähre Idee von der Sommertemperatur v. 1782 geben. Wiewohl sich diese alten meteorologischen Beobachtungen schwer mit unsern modernen vergleichen lassen — wir wissen ja nicht, wo wir für die thermometrischen Ablesungen lokale Versuchs-Bedingungen antreffen — so ist doch, innerhalb jeder Serie, den verschiedenen Werten eine vergleichsweise Bedeutung zuzugestehen.

„*A. Die Temperaturbeobachtungen von Von-Annone in Basel.* Ich ziehe die Resultate aus den Schweiz. Meteorolog. Beobachtungen VI. 563. Zürich 1869.

„Ich vergleiche die Mittel des Juni und Juli 1782 mit den Mitteln derselben Monate für die vierzigjährige Serie von 1755—1794.

Basel	1782	Mittel aus 40 Jahren	Differenz
Juni	21,27°	19,49°	+ 1,78°
Juli	23,25°	21,08°	+ 2,17°

„Von 1755 bis 1782 gab es höhere Juni-Temperaturen, als 1782
nur Juni 1755 mit 21,28°
Juni 1772 mit 21,58°
und höhere Julitemperaturen als 1782
nur Juli 1759 mit 23,59°
Juli 1778 mit 23,26°

„Nimmt man das Mittel aus den zwei aufeinanderfolgenden Monaten Juni und Juli, so zeigt sich, dass es während der ganzen vierzigjährigen Reihe nie höher war, als dasjenige von 1782.

„*B. Die Beobachtungen von Sprüngli in Gurzelen* (zwischen Thun und Bern im Aarethal) (ibid. VIII passim).

Ich mache denselben Vergleich, wie oben, für die 14-jährige Reihe v. 1771–1784.

Gurzelen	1782	Mittel aus 14 Jahren	Differenz
Juni	13,87°	12,87°	+ 1,00°
Juli	15,12°	13,98°	+ 1,14°

„In diesen 14 Jahren gab es in Gurzelen keine höhere Junitemperatur, als diejenige von 1782; hingegen stehen Juli 1778 und 1783 über demjenigen von 1782.

„Ebenso war das Mittel aus den zwei aufeinanderfolgenden Monaten Juni und Juli 1782 höher als für alle andern Jahre der vierzehnjährigen Reihe.

„*C. Die Beobachtungen von Ch. de Lubières in Grand Saconnex* bei Genf, von 1760—1789 (nicht publiziert). Die Serien sind unvollständig; es fehlen gelegentlich viele Tage eines Monats. Ich habe dennoch die Monatsmittel gezogen und in Centigrade übersetzt und damit folgende Vergleichswerte gefunden:

	Genf	1782	Anzahl der Tage	Mittel aus 30 Jahren	Differenzen	
Juni	6^h morgens	19,9°	22	14,2°	+ 5,7°	+ 5,4°
	2^h nachmittags	27,4°	16	22,2°	+ 5,2°	
Juli	6^h morgens	16,5°	28	15,0°	+ 1,5°	+ 2,2°
	2^h nachmittags	27,6°	27	24,6°	+ 3,0°	

„Während der 30 Jahre war das Junimittel (unvollständig) nie höher, als dasjenige von 1782; das Julimittel dagegen (noch viel unvollständiger) stand für 6^h morgens neunmal, für 2^h Nachmittags zweimal über demjenigen von 1782.

„Das Mittel aus den zwei aufeinanderfolgenden Monaten Juni und Juli war während der 30 Jahre nie höher, als im Jahr 1782.

„*D.* Herr Dr. R. Billwiller, Direktor der meteorolog. Centralanstalt in Zürich, hatte die Güte, mir die Berechnungen des Herrn Dr. Maurer zu übermitteln, um die Temperaturen des Jahres 1782 auf das Berner Normal-Mittel zu beziehen. Hier seine Zahlen:

Bern	1782	Normal	Differenzen
Januar	1,2°	— 2,1°	+ 3,3°
Februar	— 5,2°	0,6°	— 5,8°
März	3,5°	3,4°	+ 0,1°
April	7,1°	8,3°	— 1,2°
Mai	12,5°	12,4°	+ 0,1°
Juni	20,0°	15,9°	+ 4,1°
Juli	21,8°	18,0°	+ 3,8°
August	18,1°	16,8°	+ 1,3°

„Aus allen diesen übereinstimmenden Angaben folgt, dass die Monate Juni und Juli 1782 ausserordentlich heiss gewesen sind.

„Die ersten Tage des August 1782, bis zum 17. (Tag des Altels-Unglückes) waren variabel. Bis zum 6. oder 7. heisses Wetter, vom 7. bis 12. kalt, regnerisch, windig, vom 13. bis 17. wiederum sehr grosse Hitze. Eine Vorstellung von diesen Schwankungen ergeben uns die Temperaturmittel aus den Beobachtungsfolgen von Basel, Gurzelen und Genf; für die letzteren nehme ich das Mittel zwischen der Morgentemperatur und der Nachmittagstemperatur: diese Ziffern haben keinen absoluten Wert, geben jedoch ganz genügende Beziehungen:

August	1782	August	1782	August	1782
1.	18,0°	7.	15,2°	13.	17,2°
2.	17,2°	8.	14,1°	14.	17,8°
3.	17,6°	9.	13,0°	15.	20,3°
4.	18,6°	10.	13,7°	16.	20,7°
5.	17,8°	11.	13,9°	17.	19,3°
6.	17,2°	12.	13,7°	18.	17,4°

„Um den relativen Wert dieser Ziffern zu kennen, berechne ich auf gleiche Weise die Monatsmittel für Juni und Juli 1782 und erhalte

Juni 1782	19,6°
Juli	20,1°

„Besonders die Tage des 15. und 16. August waren ausserordentlich heiss; am 16. las Lubières an seinem Thermometer nachmittags 2^h 28,8° C ab; gleichen Tags war die mittlere Temperatur in Basel — Mittel aus drei Ablesungen um 7^h morgens, 3^h und 7^h abends — 24,3°, was mit Berücksichtigung der nötigen Korrektur von — 1,1° für unser gegenwärtiges Mittel 23,2° darstellen würde*) — eine der allerhöchsten Temperaturen.

„In Summa: vor dem Unglück von 1782 zwei Monate lang sehr grosse

*) Nach gütigen Angaben des Herrn Direktor R. Billwiller, meteorolog. Centralanstalt.

Hitze; am Vorabend (oder am zweitvorhergehenden Tag) des Ereignisses ausserordentliche Hitze.

„Was nun den Sommer 1895 anbelangt, so ist jedem noch die ausnahmsweise Hitze, das ungewöhnlich glänzende Wetter der Monate August und September in lebhafter Erinnerung; bis zum 10. September, dem Vorabend des Gletscherstürzes, aussergewöhnliche Hitze. Der Monatsbericht der meteorologischen Centralanstalt charakterisiert das Wetter folgendermassen (ich kürze): „Die Witterung war in der ersten Hälfte des August unbeständig und vielfach regnerisch, in der zweiten Hälfte zeichnete sie sich durch andauernde Klarheit der Luft und Trockenheit aus; 24. und 25. Aug. Gewitterregen. September: Nur äusserst selten haben die meteorologischen Annalen einen September in solcher Beständigkeit des hellen und trockenen Wetters und von solcher Wärme zu verzeichnen... In der ersten Dekade wurden mehrfach sehr hohe Mittagstemperaturen beobachtet; in Zürich überstieg das Tagesmaximum vom 3. bis 10. täglich 30°. Eine Abkühlung brachte erst der am Vormittag des 11. über das ganze Land sich ausbreitende Gewitterregen....“

„Man sieht, die Analogie zwischen den atmosphärischen Temperaturen der beiden Sommer, welche den Altels-Gletscherstürzen vorangiengen, ist sehr gross. In beiden Fällen kam das Unglück als Folge extremer und extrem lang andauernder Hitzeperioden. Es erscheint statthaft, die Katastrophe dieser meteorologischen Anomalie zuzuschreiben.

„Durch welchen Mechanismus kann eine ausserordentliche Hitze den Bruch eines Hängegletschers bestimmen? Ich trete auf diesen Punkt lieber nicht ein.

„*Morges*, November 1895. *F. A. Forel.*“

Das Klima 1895. Herr Direktor Billwiller hat bei Gelegenheit einer bezüglichen Diskussion in einer Sitzung der zürch. naturf. Gesellschaft noch besonders darauf hingewiesen, dass das Wärmeübermass des Jahres 1895 für die höheren Regionen, die hier in Betracht kommen, viel bedeutender gewesen ist, als für die tieferen. Er schreibt mir darüber nach nochmaligem genauem Studium der Frage auf meinen Wunsch wie folgt:

„Die Temperatur war in unserm Lande in den drei Sommermonaten Juni, Juli und August im Durchschnitt annähernd normal; in der zweiten Hälfte Juli, namentlich gegen den Schluss des Monats überstieg sie allerdings den Mittelwert um einige Grade. Darauf folgte aber wieder eine kühlere Periode, in der das Thermometer unter dem mittleren Stande blieb. Die Wärme- und Trockenperiode, die den verflossenen Sommer (1895) auszeichnete, begann erst mit dem 19. Aug., hielt dann aber mit zwei kurzen Unterbrechungen durch die Regentage vom 24./25. August und 11. September bis zum 2. Oktober an. Während dieser Zeit erreichte die Temperatur einen für den Spätsommer sehr hohen Stand. Besonders

abnorm war die erste Dekade des Septembers, wo das Tagesmaximum in den Niederungen, z. B. in Zürich vom 3. bis und mit dem 10. Tag für Tag 30° überschritt und das Tagesmittel im Durchschnitt ca. 7° über dem normalen lag. Noch grösser aber war die Abweichung von dem Normalstand in den höhern Regionen. Die Aufzeichnungen auf dem Säntis-Observatorium ergaben für die erste Septemberdekade ein Plus von über 8° über Normalstand. Was aber für den Gletschersturz vom 11. September ganz besonders in Betracht fallen dürfte, ist der Umstand, dass die Nächte zu jener Zeit in den hohen Regionen auffallend warm waren. Das registrierende Thermometer auf dem Säntis ergiebt für diese, in 2500 m Meereshöhe gelegene Station ein Tagesminimum von ca. 10°, während es im Thal auf 14° und selbst $13^1/_2$° zu stehen kam, also eine sehr kleine Differenz für den grossen Höhenunterschied. Es war dies die Folge der lange anhaltenden Periode ruhigen, heitern und trockenen Wetters, in welcher keine irgendwie intensive horizontale Luftbewegung zur Geltung kam, wohl aber eine absteigende leichte Föhnströmung den obern Regionen eine aussergewöhnliche Wärme und Trockenheit verlieh, wie dies regelmässig bei dem Regime von über dem Alpengebiet sich einstellenden barometrischen Maximalzonen der Fall ist. Eine solche Hochdruckzone lag vom 26. August bis 11. September permanent über Centraleuropa und die dadurch bedingte anhaltende, relativ hohe Temperatur der Höhenregion musste natürlich den Schmelzungsprozess am Rande und in den Spalten des Gletschers ausserordentlich fördern. Man kann für die Höhe von 3000 Meter (unterer Rand des Abbruchgebiets an der Altels) gestützt auf die Registrierungen am Säntis die mittlere Minimaltemperatur in der Nacht für die erste Dekade des Septembers zu ca. 8° annehmen, während in andern warmen Perioden, wo aber diese Föhn-Strömung in den obern Regionen fehlt, das Minimum viel tiefer, d. h. bis 3000 m. meist unter Null Grad herabgeht.

„Ich glaube daher, die unmittelbare Veranlassung zu der Katastrophe an der Altels der anhaltenden Föhnperiode in der Zeit vom 26. August bis 11. September, in welcher die obern Luftschichten einen ausserordentlichen Grad von Wärme und Trockenheit erlangten, zuschreiben zu müssen. Dabei gebe ich gerne zu, dass die relativ warmen Sommer und geringen Niederschläge der letzten Jahre die Situation vorbereitet haben.

„Bezüglich der Witterungsverhältnisse des Jahres 1782 erwähne ich nur, dass in demselben der Juli ungewöhnlich und der August ebenfalls ziemlich warm waren und dass jenem Jahre zwei relativ, aber nicht aussergewöhnlich warme Sommer vorausgegangen sind. Ueber die Verhältnisse in den höhern Regionen liegen aus jener Zeit natürlich keinerlei Details vor.“

Da 1834 noch heisser war als 1895, freilich nicht so trocken und föhnreich, ersuchte ich Herrn Direktor Billwiller um Auskunft über die vorangegangenen

Jahre, indem mir stets eine mehrjährige gehäufte Wirkung übermittlerer Wärme in der Höhe als Ursache vorschwebte. Freilich bestehen keine Notizen aus jenen Jahren über die Temperaturverhältnisse der Höhen. Herrn Billwiller verdanke ich nun die nachfolgenden Zahlen:

Abweichungen der Monatstemperaturen von den Mittelwerten (+ = wärmer, − = kälter als normal) zu Genf und Basel.

I. 1832—1834.

	Jahr	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.
Genf	1832	— 0,6	— 1,0	1,0	2,8	— 0,5
	1833	3,3	1,6	— 2,0	— 1,2	— 0,7
	1834	3,0	1,9	2,3	1,6	3,7
Basel	1832	— 0,6	— 1,1	0,8	2,7	0,0
	1833	4,7	1,5	— 2,0	— 2,1	— 1,4
	1834	3,5	1,4	2,9	1,8	3,3

II. 1892—1895.

Genf	1892	0,4	1,1	— 0,8	1,0	0,6
	1893	0,7	0,9	— 0,2	1,9	0,4
	1894	— 0,7	— 0,6	0,0	— 0,5	— 1,2
	1895	— 0,1	0,5	0,7	0,2	2,3
Basel	1892	0,9	0,6	— 1,1	1,6	0,8
	1893	0,7	0,9	— 0,1	2,0	0,4
	1894	— 1,2	— 0,8	0,0	— 0,6	— 2,1
	1895	0,0	— 0,1	0,1	0,2	3,0

Aus diesen Zahlen geht deutlich hervor, dass 1833, das Jahr vor 1834, einen ungewöhnlich rauhen Sommer hatte, und somit trotz der Trockenheit und Wärme von 1832 für 1834 keinerlei gehäufte Wirkung sich geltend machen konnte. Dadurch wohl unterblieb eine Altelslawine 1834. Eine andere Ursache, etwa darin bestehend, dass der Gletscher 1834 noch nicht genügend regeneriert gewesen sei, können wir uns nicht wohl denken. In beiden Fällen also, 1782 wie 1895, gingen dem Absturz mehrere Jahre vorwiegend trockener und warmer Witterung voran. Für 1894 gilt dies freilich nicht für die Sommermonate, allein im Frühling wich damals bei anhaltend hellem Wetter der Schnee rasch zurück, und der Sommer war bei weitem nicht so kühl wie etwa 1832, so dass er wenigstens die vorbereitende Wirkung von 1891, 92 und 93 nicht wieder zu zerstören vermochte.

Die nähere Ursache der Ablösung. Ohne Zweifel bot die ungewöhnliche Höhenwitterung in den Jahren 1782 und 1895, in ihrer Wirkung auf Grund und Gletscher sich häufend zur Vorbereitung vorangegangener Jahre die Veranlassung zum Abbruch des Altelsgletschers.

Allein die Frage ist damit noch nicht berührt: Wie kommt es, dass der Altelsgletscher sich in gewöhnlichen Jahren hält, in ganz heissen aber abreisst? Warum geschieht das Gleiche nicht auch bei anderen Gletschern; wie kommt es, dass gerade dieser Gletscher der einzige ist, von welchem bisher solches Verhalten bekannt geworden ist?

Der Altelsgletscher liegt sehr hoch, auf sehr steiler ebener Schichtunterlage, auf welcher Eis sich durch die Kohäsion mit den oberen Teilen und durch die Reibung am Untergrunde gar nicht halten kann, wie uns schon die Rechnung zeigt. Eis kann sich an solcher Stelle nur dann halten, wenn es am Boden festgefroren ist. Die mittlere Lufttemperatur in den Alpen steht auf 0° bei 1900 bis 2100 m Meerhöhe. Die mittlere Bodentemperatur sinkt auf 0° hinab erst bei 2600 bis 2900 m Meerhöhe. Bei ca. 3150 m beträgt sie —1°, bei ca. 3400 m etwa —2°. Der Altelsgletscher lag in seinem abgerissenen Stück von cirka 3000 bis 3300 Meter. Daraus folgt mit Notwendigkeit, dass der Altelsgletscher unter normalen Verhältnissen stets auf dem Untergrunde angefroren ist. Nur unter dieser Bedingung vermag er sich da oben zu halten. Wir haben dafür überdies direkte Beweise: Die durch Auflösung entstandenen karrenartigen Furchen in der Richtung des grössten Gefälles, wie sie sich überall auf Kalkstein durch Auflösung bilden, und zwar sowohl an freier Oberfläche wie unterhalb 3000 m unter Eis und Schnee, fehlen hier auf dem Stück, das der abgestürzte Gletscher inne hatte. Ebenso fehlt hier jede Spur von Moräne oder von Gletscherschliff, die Fläche ist im Einzelnen rauh (D. P). Es ist also hier in der Regel kein lösendes Wasser, keine Bewegung zwischen Eis und Fels. Die vorrückende, der Tiefe zusinkende Bewegung so hoch gelegener Hängegletscher vollzieht sich nur durch innere Verschiebungen; die Unterlage bleibt festgeklebt, die oberen Teile krümmen sich und bauchen sich thalwärts aus, die Gletscherbewegung ist hier nichts anderes als Fliessen, d. h. innere langsame und mühsame Verstellung der Teile ohne Gleiten auf der Unterlage, und nur in solcher Höhe kann ein Hängegletscher auf 31° bis 32° geneigten Felsplatten entstehen.

In heissen, hellen Jahren wirkt ausser dem Höhen-Föhn auch die Bestrahlung des Bodens in der Höhe viel mehr, als in der Tiefe. Wenn die Thermometerbeobachtungen schon in der Luft ergeben, dass das Jahr 1895 in höheren Regionen noch viel exceptioneller heiss war, als in den tieferen, so gilt dies in doppeltem Masse, wenn wir nicht die Lufttemperatur, sondern die Bodentemperatur berücksichtigen. Leider sind die Bodentemperaturbeobachtungen aus den Höhen sehr spärlich, zusammenhängende Reihen fehlen, allein wer viel in den Höhen verkehrt, dem ist die Erscheinung so geläufig, dass man die Notwendigkeit systematischer Beobachtung hierüber leicht vergisst. In Altelshöhen durfte man dies Jahr an zahlreichen Tagen am Nachmittage dunkle, der Sonne ausgesetzte Felsen mit der Hand kaum mehr berühren, ohne sich zu brennen.

Bei breitem Massiv, oder bei einem Massiv, dessen Sonnenseite firnbedeckt, die Schattenseite aber felsig ist, da ändert ein solches ausnahmsweises Jahr die innere Temperatur wohl nicht merklich. Ganz anders aber muss dies sein bei einem pyramidalen Gipfel von der Gestaltung der Altels. Auf dunkle, kahle, leicht Wärme absorbierende und relativ leicht leitende Felsen brennt die Sonne von Aufgang bis Untergang in steilstem Winkel auf den Boden auffallend. Unter solchen Umständen muss die Erhitzung des Felsens eine gewisse Ausgleichung nach Innen finden, die Meerhöhe der mittleren Bodentemperatur von 0° muss empor steigen und zwar je schmaler der Berg, je felsiger umgrenzt, desto mehr. Dazu kommt, und dies scheint uns von hervorragender Bedeutung zu sein, dass schon 1892 bis 1894 im gleichen Sinne vorgearbeitet haben. Es wäre ganz unrichtig, obiges durch die Thatsache widerlegt zu halten, dass die Wärmeleitungsfähigkeit des Felsens zu gering sei. Es handelt sich nicht um diese allein. An der Sonnseite des Altelsgipfels träufelte dies Jahr das Schmelzwasser täglich über die heissen Felsen und drang von Schichtfugen und Schichtrissen geleitet in das Innere des Gipfels hinein und trug so die Erwärmung direkt bis in den Kern der hohen Gipfelpyramide.

Unser Altelsgletscher liegt gerade in der kritischen Region, wo eben in normalen Jahren die Bodentemperatur im Mittel noch etwas unter 0° steht. Unter dem Gletscher war bisher fast keine Schwankung um das Mittel herum, wohl aber an den eisfreien Stellen. Der positive Ausschlag dieser Jahre musste weiter gehen, als andere Jahre, und musste weiter herum wirken. Ob wir uns so ausdrücken, oder ob wir sagen, die Höhe der mittleren Bodentemperatur von 0° rückte am Berge etwas hinauf, das ist gleichgültig. Auf der Sonnseite der Altels war dies Jahr die Bodentemperatur einige Meter tief im Fels vielleicht 5° mehr als andere Sommer, unter dem Gletscher stieg sie um 1 bis 1 ½° höher, die Umwärmung von zwei Seiten der Pyramide und auf der dritten Seite von unterhalb des Gletschers von seinem Fusse her wirkte bis unter den Gletscher. Man vergegenwärtige sich nur, wie wenig Veränderung es in dieser kritischen Region bedurfte, um die massgebendste Wirkung zu erzeugen.

Sobald aber der Fels unter dem Gletscher von seinen sonst 0 bis — 1½° auf + 1 bis 0° gestiegen war, war jeder Halt verloren, und der Gletscher musste abstürzen.

Ich bin der Ueberzeugung, dass ein geringes Steigen der Gesteinstemperatur des Altelsgipfels um ½ bis 1° als summiertes Resultat der drei letzten Sommer den Absturz erzeugt hat.

Man hat sich von anderer Seite den Einfluss des warmen Jahres zur Auslösuug der Lawine auch anders zurechtlegen wollen. Man wollte die Wirkung an der Gletscheroberfläche suchen. Schmelzwasser sollte dort entstanden, und in

Bächen in die Spalten hinab und unter den Gletscher geflossen sein und dort unterwaschen haben. Allein über 3300 m giebt es kein fliessendes Schmelzwasser. Alle Erwärmung führt nur zur Sinterung des Firnes, alles Schmelzwasser wird kapillar im Schnee festgehalten und gefriert wieder, lange bevor es den Grund erreicht; höchstens träufelt es ausnahmsweise einmal am überhängenden Rand einer Spalte. Schmelzwasserbächlein rieseln nicht, und Furchen von solchen fehlen in dieser Höhe, sie entstehen erst tiefer unten da, wo an der Oberfläche das Eis sichtbar wird, das für Schmelzwasser eine sammelnde Unterlage bildet. Oben am Abriss und in seinen Umgebungen war auch nach dem Sturze nirgends etwas von Schmelzwassern oder Schmelzwasserwirkung zu sehen, weder auf der Firnfläche noch über dem Abrissrand, noch am Fusse der Abrisswand. Ueberall sitzt dort das Eis fest und trocken auf dem Felsen auf. Schmelzung von oben könnte in dieser Höhe wohl nicht zur Abtrennung führen — nur die Erwärmung von unten, das Steigen der Unterlagetemperatur um den Bruchteil eines Grades über den Gefrierpunkt. Damit war die Trennung gegeben, die Reibung enorm verkleinert. Und wie diese Wirkung langsam unter dem Gletscher heraufkroch, erschien endlich der Moment, wo die Gleitkomponente die Zugfestigkeit und den Rest von Reibung überwand. So nur ist es auch verständlich, dass noch ein Gletscherstreifen zwischen dem Bergschrund und dem Abriss stehen geblieben ist, und die Trennung sich nicht dort am Bergschrund vollzogen hat. Die Erwärmung des Felsens auf über 0° ist eben noch nicht dort hinaufgekrochen. Aus dem gleichen Grunde hat sich auch der Abriss über gleichmässig geböschtem Untergrunde vollzogen, nicht etwa einen Gefällsbruch sich ausgesucht. Er war anders bedingt.

Als Wirkung der Wärme von oben könnte man höchstens etwa eine etwas grössere Labilität des Eises, eine stärkere Beweglichkeit und geringere Kohäsion annehmen. Allein, dass hieraus ein Ausbruch, sauber bis auf den Felsgrund, erfolgen könnte, wenn dort der Gletscher noch angefroren wäre, kann man sich doch nicht vorstellen. Wir kommen stets darauf zurück: Losfrieren am Untergrunde muss die Ursache des Absturzes gewesen sein.

Die Altelsgletscherlawine ist meines Wissens die erste dieser Ursache, die man näher kennt. Es ist selbstverständlich, dass der Fall selten ist. Er kann nur dann eintreten, wenn der Gletscher mit seinem unteren Teil auf einer so steilen, glatten, nach unten offenen Unterlage ruht, dass er sich nicht halten kann, ohne angefroren zu sein, wenn er ferner gerade in derjenigen Höhe liegt, wo die mittlere Bodentemperatur in normalen Zeiten ein klein wenig unter 0° steht, und endlich, wenn die Gestalt des Gipfels einer gesamten Durchwärmung günstige Bedingungen bietet.

Reicht ein Gletscher weiter hinab, d. h. kann er sich auch, ohne angefroren zu sein, halten, wie z. B. der kleine Seitengletscher an der Altels, dann wird das

Hinaufgreifen der Bodenwärme für ihn nicht einen Absturz, sondern nur einen vermehrten Druck von oben zur Folge haben können, und so ist es möglich, dass einzelne Gletscher, besonders Hängegletscher, in heissen Jahren labiler werden und vorstossen. Solche Fälle sind uns schon hie und da entgegengetreten, ohne dass wir sie bisher zu erklären vermocht haben.

Verhältnis der Altelslawine zu anderen Gletscherkatastrophen. Auch hier für die Gletscherlawine an der Altels sind wir auf jene Periodicität, die fast alle durch Gletscher erzeugten Unglücksfälle auszeichnet, gestossen. Jeder hat aber seine individuelle Periode und seine besonderen Ursachen nach der besonderen Gestaltung und nach der Zeit, die er jeweilen nach der Katastrophe zur Regeneration gebraucht. Die Perioden sind also durch Koincidenzen mehrerer Faktoren bedingt, welche ungleiche Perioden haben. Deshalb wiederholen sich auch am gleichen Gletscher die Ereignisse nicht in stets gleichen Zeitabständen.

Wir kennen bis jetzt etwa folgende Hauptfälle:

I. Ereignisse, verursacht durch starkes Vorstossen der Gletscher.
   a) Trockener Absturz über Felswände ohne Komplikation mit Wasserstauung. (Beispiel: Biesgletscher, Randa im Nicolaithal zerstörend, 1636, 1736, 1786, 1819, 1865);
   b) trockener Absturz über Felswände, unten Bäche zum später ausbrechenden See stauend (Beispiel: Giétrozgletscher im Val de Bagnes 1545, 1605 (1595?), 1818);
   c) Stauen eines später ausbrechenden Sees durch den langsam vorrückenden Gletscher eines Seitenthales im Hauptthal (Mattmarksee, Combalsee) oder durch den Gletscher eines Hauptthales im Seitenthal (Merjelensee). Beispiele von Gletscherseeausbrüchen: Mattmarksee im Saasthal 1633, 1680 und 1772. In diesem Falle seither keine Repetition, weil die Barriere allmählich durch Moränenanhäufung fester und stabiler geworden ist. Vernagt-Rofen im Tirol 1600, 1601, 1678, 1682, 1770—1772, 1820—1822, 1840—1847. Ruitorsee (Dora Balteagebiet) 1594, 1606, 1631, 1640, 1679, 1680, 1748—1751 etc.

II. Ereignisse, verursacht durch innere Wasseransammlung im Gletscher selbst und Ausbruch dieses Wassers. (Beispiele: Glacier de Tête-Rousse (Savoyen), 12. Juli 1892, Zerstörung von Bionnassey-St. Gervais — einziger bekannter Ausbruch? Dents du Midi-St. Barthélemy Wildbach 1560, 1635, 1636, 1835, 1887).

III. Abbruch eines steilen Hängegletschers hoher Regionen in abnorm heissen Zeiten in Folge von Losschmelzen an der Unterfläche.
   a) Trockener Absturz ohne Komplikation mit Wasserstauung (Beispiel: Altels 1782, 1895);
   b) trockener Absturz, unten Bäche zum später ausbrechenden See stauend (noch kein sicher bekanntes Beispiel).

Ein Beispiel für III b müsste dann entstehen, wenn das Thal unten enge und jenseits vom Thalweg mit dem Bach nicht ein flaches Terrain, sondern gleich eine steile Bergwand folgen würde, so dass die Lawine an derselben sich stauen oder von derselben wieder in den Bach zurückfallen müsste.

Zum Schlusse mache ich noch auf die sehr interessante Zusammenstellung über durch Gletscher veranlasste unglückliche Ereignisse aufmerksam, welche Forel im Arch. des Sciences, Genf Dez. 1895, gibt. Nach dem mir eben vorliegenden Probedruck habe ich auch die Zahlenreihe in den obigen Notizen ergänzt.

IX. Der Schaden.

Der Regierungsrat von Wallis hat zur Prüfung der Sachlage und zur Schätzung des Schadens eine Kommission auf den Platz entsendet, bestehend aus den Herren Aug. Gentinetta, Statthalteramts-Substitut von Leuk, Jul. Zen-Ruffinen, Ingenieur, und Raphael Loretan. Dieselben arbeiteten am 16. Sept auf der Spitalmatte. Ihr an den Regierungsrat abgestatteter Bericht ist vollinhaltlich abgedruckt in der Gazette du Valais Nr. 80 vom 5. Oktbr. 1895. Wir entnehmen demselben zum grössten Teile die folgenden Zahlen.

Seit 1870 sind die früher getrennten Alpen Winteregg und Spitalmatte vereinigt. Sie sind zusammen auf 250 Kuhrechte geschätzt und zählten zu den besten Alpen. Ein Kuhrecht hat einen ungefähren Kapitalwert von 200 Fr. Ein grosser Teil der Kuhrechte (ca. 90) gehörten der Gemeinde Leukerbad, das übrige einer Genossenschaft, deren Teilhaber in Leukerbad, Albinen, Leuksust und Varen wohnen. Dies Jahr sollen zur Sömmerung getrieben worden sein 217 Stück Vieh; der kleinere Teil, etwa 35, waren Milchkühe, der grössere Teil Jungvieh und Galtvieh. Ein Teil ist schon vor der Lawine zu Thal geführt worden. Drei Tiere sind dadurch dem Tode entgangen, dass sie sich im hintern Teil des Arvenwaldes verlaufen hatten. Von dem Käsevorrat konnten etwa 150 Laib noch gewaschen und gerettet werden. Nahezu ebensoviel samt Butter und Ziger sind wertlos geworden.

Die gesamte Verlustliste stellt sich etwa wie folgt:

6	Menschen	
158	Stück Rindvieh	62 000 Fr.
9	Schweine	720 „
1	Maultier (oder Esel?)	300 „
1	Hund	
4	Alpgebäude	5 500 „

Alpboden- und Wald-Verlust	60 000 Fr.
Käse, Butter, Ziger	700 „
Gemmiweg und Brücke total zerstört auf 600 m, teilweise zerstört auf 400 m.	? „

Der Gesamtschaden beläuft sich also, soweit er materiell schätzbar ist, auf etwa 135 000 Fr. An diesem Schaden partizipieren eine grosse Zahl von armen Familien, deren fast alleiniges Besitztum, bestehend in einer, zwei oder mehreren Kühen und deren Sommerprodukte, zu Grunde gegangen ist. Nur 14 Stück von dem verlorenen Vieh waren versichert, derart, dass per Stück je nur ca. 120 Fr. vergütet werden. Das Unglück ist um so empfindlicher, als es auf den Winteranfang trifft.

Nur um den Gegensatz im Verhalten der Mitmenschen im Jahr 1895 gegenüber 1782 zu kennzeichnen, folge hier einer der zahlreichen Aufrufe zur Hülfeleistung an die Geschädigten, wie sie in den Tagesblättern erschienen sind:

Aufruf zu Gunsten der durch Gletschersturz auf der Gemmi heimgesuchten Walliser.

Mittwoch den 11. September früh morgens hat, wie bekannt, ein mächtiger Absturz vom Altelsgletscher die Alp Spittelmatte auf dem Gemmipass haushoch mit Eis und Felsschutt begraben. Sechs Menschen und zirka 150 Stück Vieh sind dabei in schrecklicher Weise zu Grunde gegangen und die prächtige Alp ist auf Jahrzehnte ein Trümmerfeld geworden. Der Schaden an Land und Vieh wird von der Walliser Regierung auf ca. 130 000 Fr. geschätzt; derselbe fällt aber um so mehr ins Gewicht, weil er fast ausschliesslich arme Leute betrifft, die ihre einzige Kuh und ihre Alpweide verloren haben.

Hülfe thut hier dringend not und ist um so mehr angezeigt, als es sich um einen Unglücksfall handelt, dem in keiner Weise vorzubeugen war und gegen den es keine Versicherung gab. Da das Unglück auf bernischem Gebiet und auf dem Boden der Landschaft Frutigen geschehen ist, so hat sich, im Einverständnis mit dem Walliser Staatsrat, in Frutigen ein Hülfskomitee gebildet, das Gaben für die Heimgesuchten entgegen zu nehmen bereit ist und für zweckmässige Verwendung sorgen wird.

Mögen alle, die den interessanten und grossartigen Gemmipass schon besucht haben, alle, die die Berge lieben und dort schon Erholung und Stärkung fanden, all die für Heimgesuchte ein Herz haben, deren werkthätig gedenken, die dem Schrecken der Berge unschuldig zum Opfer gefallen sind.

Frutigen, im Oktober 1895.

Das Hülfskomitee in Frutigen:
Nationalrat Bühler, Präsident.
Pfarrer Huber, Kassier.
Gerichtspräsident Rösti, Sekretär.

Die Administration der Neuen Zürcher-Zeitung erklärt sich bereit, Gaben in Empfang zu nehmen.

In ähnlicher Weise erliess unter anderen auch das Centralkomitee des Schweizer Alpenklub einen Aufruf an seine Sektionen und Mitglieder, überall zeigte sich grosses Interesse und warme Teilnahme, und landauf landab wurde gesammelt.

Es wird mir aus Sitten gemeldet, dass die Gesamtsumme der dort eingegangenen Liebesgaben bis jetzt den Betrag von 15 730 Frs. erreicht habe. Dazu kommt noch der Ertrag der Sammlung des Hülfskomitee in Frutigen mit ca. 10 000 Frs. und ferner noch eine bedeutende Anzahl von Gaben an Lebensmitteln. Die Sammlung ist noch nicht abgeschlossen.

X. Voraussicht und Abhülfe.

Voraussicht. War Voraussicht möglich? Diese Frage ist auf Grundlage von allerlei Gerüchten über Veränderungen, die man vorher bemerkt haben sollte, vielfach bejaht worden. Solche Angaben verlieren sich aber ohne Wurzel bei näherer Prüfung mit einer einzigen Ausnahme. Diese Ausnahme besteht in einer Beobachtung von Herrn Nationalrat Bühler in Frutigen. Er schreibt mir darüber:

„Seit vielen Jahren wurden an der Altels zwei Bergschründe wahrgenommen, ein oberer Schrund, welcher jetzt noch besteht und auf Ihrer Abbildung (Taf. II, Fig. 2) über dem Abriss eingezeichnet ist, und ein unterer, welcher sich ziemlich geradlinig, resp. horizontal hinzog und von weitem wie ein Absatz oder eine Vertiefung im Gletscher erschien. Dieser Schrund fällt aber nur zu einem ganz kleinen Teil mit der Abrisskluft zusammen. Es fiel mir etwa 14 Tage vor der Katastrophe, als ich mit Herrn Dr. Loretan und den Bergvögten behufs Festsetzung der Alpberechtigungen auf der Gemmi war, auf, dass dieser untere Schrund grösser geworden war und sich wie eine schwarze Linie quer durch den Gletscher hinzog. Offenbar hatte sich dort ziemlich viel Wasser gesammelt und deshalb erschien der Gletscher so schwärzlich. Ich machte damals Herrn Notar Hänni in Frutigen und Herrn Bohny, Wirt zu Schwarenbach auf diese Erscheinung aufmerksam, ohne dabei auch nur im Entferntesten an die Möglichkeit einer derartigen Katastrophe zu denken — hatten wir ja damals noch von der im früheren Jahrhundert eingetretenen ähnlichen Katastrophe keine Kenntnis, keine Ahnung.“

In Obigem wird ausdrücklich in Uebereinstimmung mit den Aussagen der Führer erklärt, dass die Abrisskluft nur auf einem ganz kleinen Stück mit den vorher beobachteten Spalten zusammenfällt. Immer bleibt noch unverständlich, wohin die seitlichen Teile des unteren Bergschrundes gekommen sind, die man noch sehen sollte. Offenbar greift die Abrisskluft zwischen beide Bergschründe mit ihrem Bogen hinauf. Die Veränderung, welche Herr Nationalrat Bühler auf-

gefallen war, war gewiss eine Folge der ausserordentlichen Hitzewirkung, allein es war nicht direkt die sich vorbereitende Abtrennung. Die Abrisskluft selbst ist vor dem Abriss nicht gesehen worden.

Die Behauptung eines Herrn W. in den Tagesblättern, alle Bewohner des Thales hätten schon 10 Tage vorher die täglich zunehmenden Veränderungen beobachtet, ist vollständig irrtümlich. Diejenigen, welche der Sache am nächsten standen und täglich an die Altels schauten, hatten so wenig eine Ahnung von den Dingen, die sich vorbereiteten, als die ferner stehenden. Hingegen steht fest, dass ausser Herrn Nationalrat Bühler auch die Herren Ingenieur Imfeld und der Herr Pfarrer von Frutigen, welche zwei bis drei Wochen vorher über die Spitalmatte gingen, unabhängig von einander mit einem gewissen Gefühl der Beängstigung zum Altelsgletscher hinaufgeschaut haben: „es ist doch sonderbar, dass dieser Gletscher hält“ (Imfeld). — Vielleicht aber war dieser Eindruck mehr vom Seitengletscher als vom oberen Scheitelfirn genommen. Genau so hätten die genannten Herren wohl auch empfunden, wenn sie ein Jahr oder mehrere Jahre früher den Weg gemacht hätten. Ihr Eindruck war objektiv wohl richtig, aber durchaus nicht durch spezielle Vorzeichen eines ganz nahe bevorstehenden Abbruches, sondern durch die seit Jahrzehnten unveränderte Situation bedingt. Sie mögen sich denn auch gesagt haben: Das ist ja immer so gewesen und in Zeiten grösseren Gletscherstandes muss es noch erstaunlicher ausgesehen haben. Die wirkliche Vorbereitung des Abbruches, nämlich das Steigen der Bodenwärme, konnten sie nicht beobachten. Nach meiner Ueberzeugung wäre überhaupt eine Voraussicht dieser Katastrophe nur möglich gewesen, wenn man:

1) an Hand der Witterung dieses Sommers im Vergleich zu derjenigen von 1782 früh genug einen bestimmten Verdacht auf Wiederholung des Vorfalles von 1782 hätte schöpfen können und
2) in Folge dieses Verdachtes den Gletscher systematisch auf Bildung neuer Risse und auf Bewegung im Monat August und September täglich kontrolliert hätte.

Eine bloss gelegentliche Berichterstattung über Beobachtungen, welche zudem von verschiedenen Persönlichkeiten gemacht worden, führt zu keiner Klarheit, nur zu Widersprüchen. Nur wenn der gleiche verantwortliche Beobachter täglich von den gleichen Standpunkten aus kontrolliert, ist eine allmähliche Veränderung sicher feststellbar. Aber selbst dann noch ist die Deutung der Veränderungen nicht immer sicher und die Voraussicht über das was kommen wird, wird eine blosse Wahrscheinlichkeit bleiben, ohne zur Sicherheit zu gelangen. Schon blosse Wahrscheinlichkeiten zu kennen, ist wichtig und nützlich. Wenn der Gletscher sich wieder regeneriert haben wird, und dann dereinst wieder ein Jahr mit so ungewöhnlicher Trockenheit und Wärme in

den oberen Regionen folgt, wird eine solche systematische Beobachtung eingerichtet und eine begründete rechtzeitige Warnung vielleicht gegeben werden können.

Es kann die Frage aufgeworfen werden, ob nicht in nächster Zeit z. B. im nächsten Sommer der Abriss bis an den Bergschrund zurückgreifen könnte. Der Winter wird die Felsfläche am Fusse der Abrisswand wieder gehörig unter 0° bringen. Er kann jetzt hier direkter einwirken als früher. Der Schnee wird im nächsten Sommer dort nicht so schnell weichen und den Fels vor Wärme schützen. Es wird dadurch wahrscheinlich, dass ein bedeutender Nachsturz diesmal so wenig als 1783 erfolgen werde. Nur ein Sommer 1896 von so ausserordentlicher Hitze in der Höhe wie 1895, so scheint mir, vermöchte einen grösseren Nachsturz zu bewirken. Gefährlich könnte die Situation nur in dem Falle werden, dass die Felsfläche im Abrissgebiet lange schneefrei der Sonne ausgesetzt bliebe.

„Eine augenscheinliche Thatsache in der Geschichte der durch Gletscher erzeugten Katastrophen ist die Wiederholung der gleichen Erscheinung an der gleichen Stelle in längeren oder kürzeren Zwischenräumen. Man muss also den sehr wenig beruhigenden Satz aussprechen: Ein Gletscher, der eine Katastrophe erzeugt hat, wird dieselbe später wiederholen, weil er sich selbst wieder langsam auf den gleichen Zustand ergänzt, in welchem er vor dem Ereignis war. Ein Gletscher, den ein Unstern in seinem Thun begleitet hat, bleibt eine Bedrohung.“ (F. A. Forel.) Der Gletscher wird sich wieder regenerieren. Der grosse Ausschnitt am Altelsscheitelfirn wird im Laufe der Zeit sich schliessen. Es wird von Wert sein, zu beobachten, wie dies sich vollzieht. Sicherlich dauert es mehrere Jahrzehnte, denn es bildet sich in solchen Höhen durchschnittlich 1 m Firneis im Jahr. „Bis der Gletscher wieder die Gestalt und Form vor dem Absturz angenommen haben wird, braucht man kaum etwas zu befürchten. Die Herden können wohl eine vielleicht lange Reihe von Jahren auf der Spitalmatte weiden und die Reisenden über den grossartigen Bergpass wandern, ohne sich in Gefahr zu begeben. Langsam wird die Gefahr wieder sich ausbilden. In Jahren von rauherem oder wenigstens normalem Charakter wird nicht viel zu fürchten sein. Kommt aber ein heisser Sommer mit Bedingungen ähnlich wie 1782 und 1895, dann seid misstrauisch!“ (F. A. Forel.)

Abhülfe? Kann etwas zur Verhinderung einer neuen Katastrophe gethan werden?

Jede Gegenwehr gegen die einmal gebildete Lawine wäre selbstverständlich Kinderspielzeug; da gilt nur Ausweichen. Sollte die Gemmistrasse dereinst gebaut werden, so würde es sich empfehlen, dieselbe beim „Schopf“ auf die Ostseite des Schwarzbaches hinüber zu nehmen und dicht unter dem Fuss des Abhanges von Tatelen zu führen, indem hier stets die Zerstörungszone viel weniger breit sein

wird, als auf der Westseite. Vollständig sicher könnte die Strasse durch ca. 500 m Gallerien und Tunnel gemacht werden.

Man wird wegen eines vielleicht wieder ein Jahrhundert, zum mindesten viele Jahrzehnte lang nicht eintreffenden Ereignisses die grosse Weidefläche nicht für diese langen Zeiträume unbenutzt lassen wollen. Neue Hütten aber dürften statt wo sie bisher standen nun an einer sicheren Stelle, etwa am Zagenwald, erbaut werden.

Eine wirkliche Vermeidung einer Wiederholung ist nur denkbar durch Arbeiten im Abrissgebiet. Entweder müsste der sich erneuernde Gletscher auf seiner Unterlage fester geheftet, oder seine Erneuerung verhindert werden.

Beim zuerst genannten Vorgehen müsste die ruhende Reibung des Gletschers am Untergrunde so sehr vermehrt werden können, dass Bewegung auch dann nicht mehr eintritt, wenn die Unterlage thaut. Das Einzige, woran man denken könnte, ist das Einsprengen von tüchtigen Stufen (Bermen) quer über die entblösste Felsfläche des Abrissgebietes in 3 bis 4 untereinander liegenden Horizontalen und dazu noch das Anbringen von Mäuerchen oder Eisenpfahlreihen am äusseren Rande derselben, ganz so wie es mit grossem Erfolge in den Abrissgebieten der Lawinen geschieht. Dadurch wird die den Bewegungseintritt hindernde Reibung vermehrt. Im vorliegenden Falle müssten zusammen mindestens 2000 Längenmeter solcher Arbeit gemacht werden und zwar sofort nächsten Sommer, so lange der Abrissboden noch möglichst frei von neuer Schneeaufhäufung ist. Dies würde genügen, um eine Lawine von 5 m Dicke an dieser Stelle festzuheften; ob es aber genügt, einen Gletscher von 30 bis 40 m Dicke zu halten, ist unwahrscheinlich. Vielleicht würden die Mauern und Pfahlreihen verschoben und verbogen, es würden sich nur die in den Furchen sitzenden Eisstreifen von der Unterfläche des Gletschers abscheeren und Eis auf Eis gleiten. Eine andere Schwierigkeit besteht darin, dass die Ausführung allzu gefährlich wäre, indem an der Abrisswand oben jederzeit kleine Ablösungen, besonders auch in Folge der Sprengerschütterungen, entstehen können, welche die Arbeiter herunterzuschlagen drohen. Ich halte sie für nahezu unausführbar.

Betreffend Verhinderung der Regeneration des Gletschers ist zu sagen: An ein zeitweises Absprengen des drohenden, nachgewachsenen Gletscherteiles in kleinen Stücken ist niemals zu denken. Man halte nur im Auge, wie schlecht Schnee und Eis sich sprengen lassen, und dass dort oben durchschnittlich der Kubikmeter Sprengarbeit wenigstens 1 Fr. kosten würde, so dass die Verhinderung einer Katastrophe ungefähr 40 Mal so viel kosten würde, als das dadurch geschützte Gebiet überhaupt wert ist. Wenn die Konfiguration es gestattete, würde wohl die einzige gute Lösung in der Durchführung einer Idee von Prof. Forel bestehen: Quer durch das jetzige Abrissgebiet durch Einsprengen eine Steilwand von zirka 2 m zu schaffen, damit

der vorwachsende Gletscher hier immer sich zerstückeln muss. Allein leider ist es bei den vorhandenen Terrainverhältnissen ganz unmöglich, mit erschwinglichen Kosten eine Gestaltung zu schaffen, welche das Anstauen der Blöcke am Fusse der künstlichen Brechwand in allen Jahreszeiten verhindern würde. Sodann wächst in solcher Höhe der Gletscher nicht nur durch Schub von oben, sondern durch die direkte Schneeauflagerung, welche einen solchen Absatz bald wirkungslos machen würde. Hat einmal die Anstauung von abgebrochenen Eismassen unter der Kunstwand begonnen, so ist die Wirkung wieder aufgehoben. Eine stete gefährliche Abputzarbeit hier oben („purche“) ist praktisch undurchführbar. Ein solcher Absatz im Boden würde den Gletscher sicherlich nicht dauernd hindern, allmählich wieder die gleiche Gestaltung anzunehmen wie vor dem Abbruch von 1895.

Unter diesen Umständen, wo der Erfolg einer sehr gefährlichen und kostspieligen Arbeit zudem ganz unsicher ist, wird man nicht dazu raten können. Man wird dabei stehen bleiben müssen, ein anderes Mal durch richtige Voraussicht womöglich zeitige Flucht und Wegsperre anzuordnen.

Schluss. Im Laufe von 2 Jahren wird das Eis auf der Spitalmatte wegschmelzen. Der Boden wird mit einer dünnen Schicht von Steinstaub und Steinen bedeckt sein. Der alte Rasengrund wird vielfach durchbrechen. Erst ist es noch schlechte Weide, nach einigen Jahren und etwas Arbeit wird die Alpe wieder der Sömmerung dienen. Wird man nicht wieder das Ereignis vergessen, und es dann an der nötigen Vorsicht fehlen lassen, wenn seine nächste Wiederholung droht?

Ich glaube nein! Wir leben in besseren Zeiten als 1782. Es bestehen mehr Wege, auf welchen die Erinnerung lebendig bleiben wird. Die Wissenschaft hat diesmal den Fall registriert, damals nicht. Am besten würde die Warnung für künftige Geschlechter durch einen Denkstein festgehalten.

Es giebt in der Welt kein Entstehen und kein Vergehen von Energie. Die Kraft ist so gut ewig und unveränderlich wie der Stoff. Die Kraft, welche in der stürzenden Masse aus dem latenten in den lebendigen Zustand übergegangen ist und das Zerstörungswerk auf der Spitalmatte verübt hat, ist nichts anderes als umgeformte Sonnenwärme. Sonnenwärme hat aus den Meeren Wasser in Dunstform gehoben, durch die Kontinente getragen und als Schnee auf dem Scheitel der Altels angehäuft bis zur Stunde des Unglücks. Im Absturz wird diese gleiche Menge von Arbeit, welche die Sonne hierfür aufgewendet hat, wieder frei. Ja die Lawine ist selbst entfesselt worden von der bergerwärmenden Sonne. Wie verschieden erscheint uns die Sonne, schaffend und belebend, aber auch fürchterlich zerstörend. Sie ist ein gewaltiger Motor für Gutes und Böses, was an unserer Erdoberfläche sich vollzieht!

Kartenskizze der Gletscherlawine an der Altels vom 11. IX. 1895

ehemalige Hütten
Niveaucurven von 30 zu 30 Meter
Fels
Schutt
stehender Wald
geworfener Wald
Wege
Kantonsgrenze

Nord
O. W.
Süd

Schnee u. Gletscher
Gletscher-Lawine
Spritzzone mit Eisstaub
Spritzzone
Gletscherlawine
Umgrenzung der
besondere Gegenstände (Menschen, Vieh, Balken)

Maßstab = 1/25000

0 500 1000m
0 1 2 3 Km

Autogr. v. Alb. Heim, auf Grundlage der eidg.-topogr. Karte

Gez. u. autogr. von Prof. Dr. Alb. Heim

Fig. 2.

Profil durch die Sturzbahn der Gletscherlawine an der Altels 11. IX. 1895

Längen u. Höhen = 1/25000

Topogr. Anstalt Winterthur, J. Schlumpf.

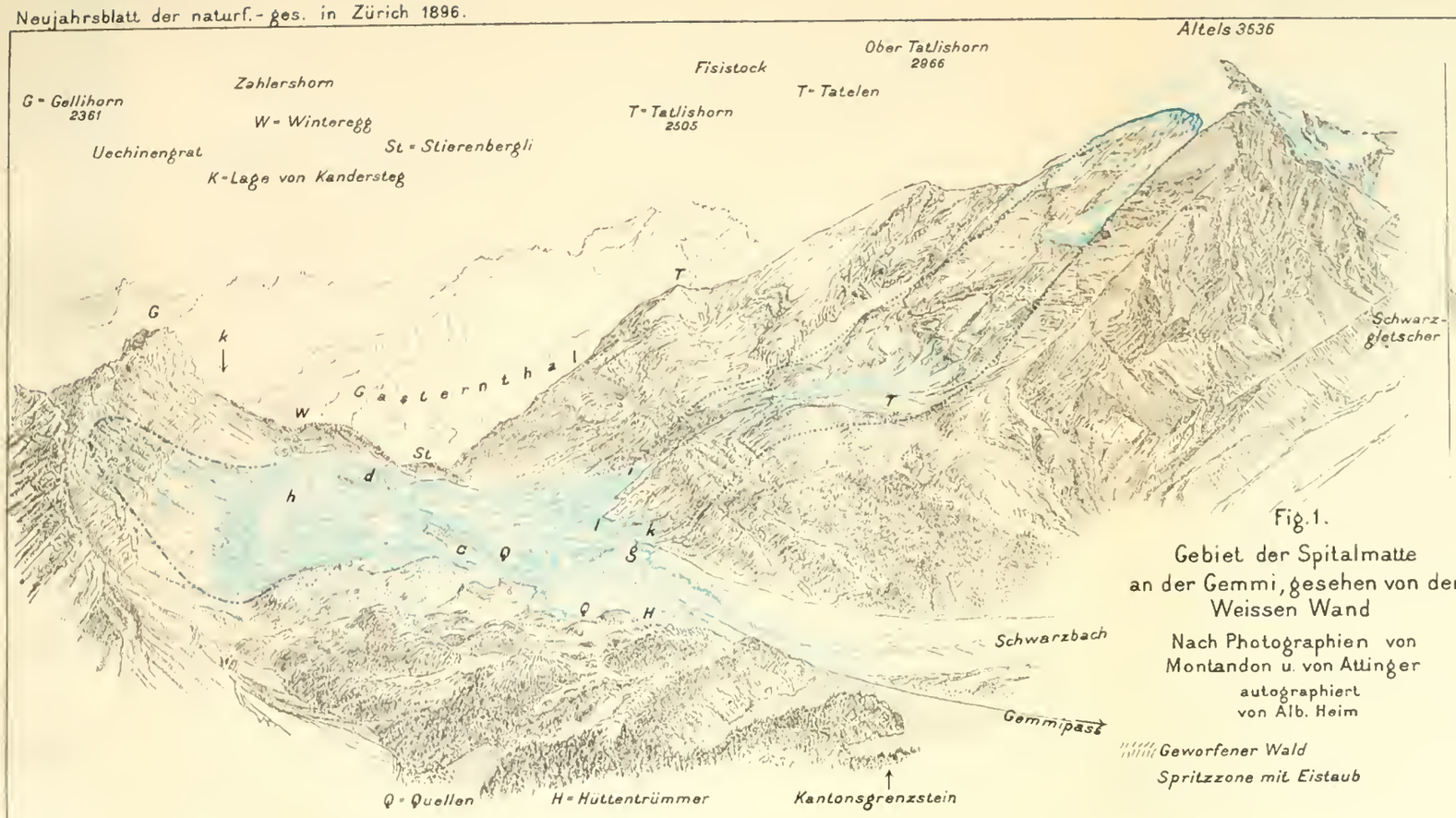


Fig. 1.

Gebiet der Spitalmatte an der Gemmi, gesehen von der Weissen Wand

Nach Photographien von Montandon u. von Attinger

autographiert von Alb. Heim

Geworfener Wald

Spritzzone mit Eistaub

Fig. 2 Gezeichnet den 14. IX. 1895 von Frutigen

Fig. 3. Die Eislawine gesehen vom Abhang von Tatelen nach der Natur gez. d. 13. IX. 1895

gez u autogr. von Prof. Dr Alb. Heim

Topogr Anstalt Winterthur, J. Schlumpf

Fig. 1. **Der Abriss am Altelsgletscher.** Phot. v. Attinger frères Neuchâtel. 28. IX., 1895.

Fig. 2. **Windwurf im Arvenwald an der Spitalmatte.** Phot. v. Prof. Brückner, Bern. 18. IX., 1895.

Fig. 4. **Eisconglomerat und Scheerkluft. Eisgang der Sihl.** Phot. Dr. Leo Wehrli. 19. III., 1895.

Fig. 3. **Eisconglomerat. Lawine auf Spitalmatte.** Phot. Alb. Büchi, 13. IX., 1895.

UNIVERSITY OF ILLINOIS-URBANA
3 0112 077519855